

*DIF U<sub>100</sub>ci@*

**Revista de Difusión Científica**

Vol. 6, No.3, enero-abril 2013

ISSN 2007-3585

**Divulgación**

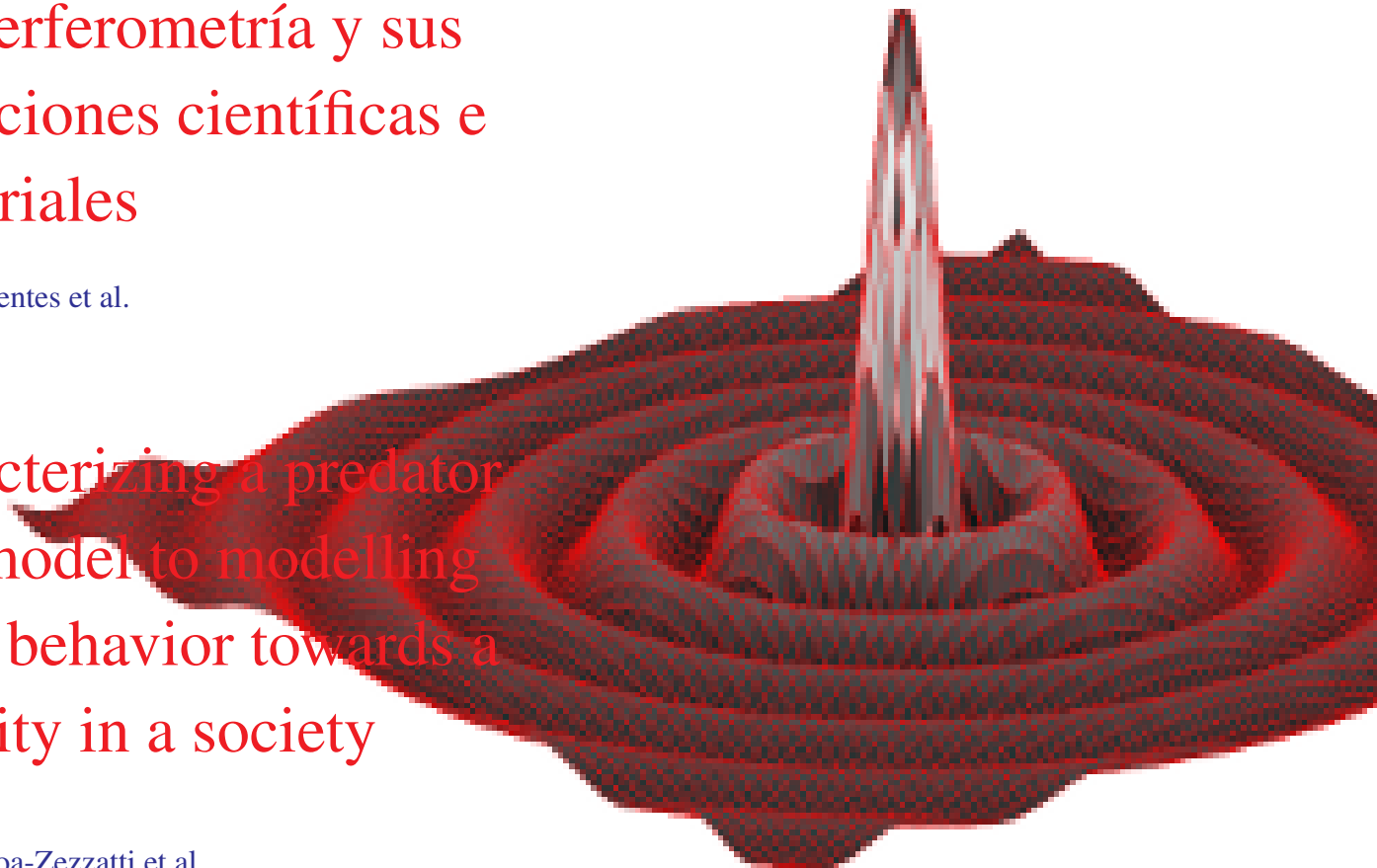
**La interferometría y sus  
aplicaciones científicas e  
industriales**

Claudia Sifuentes et al.

**Investigación**

**Characterizing a predator  
prey model to modelling  
social behavior towards a  
minority in a society**

Alberto Ochoa-Zezzatti et al.



ISSN 2007-3585



---

PRODUCCIÓN  
**Universidad Autónoma de Zacatecas**

PRODUCCIÓN Y DISEÑO

**Gerardo Miramontes de León**

**D.R. de la Presente Edición**

**Gerardo Miramontes de León**  
**Universidad Autónoma de Zacatecas**  
**López Velarde 801, Centro**  
**98000 Zacatecas, Zac. México**

**ISSN 2007-3585**

**DIFU100ci@ (léase difuciencia) Vol. 6, No.3, enero-abril 2013, es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Autónoma de Zacatecas, "Francisco García Salinas", Jardín Juárez 147, Col Centro Zacatecas, Zac. C.P. 98000. [www.uaz.edu.mx/gmiram/Revista.htm](http://www.uaz.edu.mx/gmiram/Revista.htm). correo-e: [gmiram@ieee.org](mailto:gmiram@ieee.org). Reservas de Derechos al Uso Exclusivo del Título expedido por el INDAUTOR, Reserva: 04-2010-110314331900-102. Responsable de la última actualización Gerardo Miramontes de León, López Velarde 801, Zona Centro, Zacatecas, Zac. C.P. 98000. Fecha de última modificación 30 de abril de 2013.**

HECHO EN MÉXICO  
MADE IN MEXICO

---

---

## DIRECTORIO

---

I. Q. Armando Silva Cháirez Rector  
Lic. Cuauhtémoc Rodríguez Aguirre Secretario General  
Dr. Miguel Rodríguez Jáquez Secretario Académico  
M. en A Emilio Morales Vera Secretario Administrativo  
Dr. Marco Antonio Salas Luévano Coord. Investigación y Posgrado  
Dra. Georgia Aralu González Pérez Coord. Depto. Editorial

---

## CONSEJO EDITORIAL

---

Leonardo Acho Zuppa, U Politècnica de Catalunya, España  
Miguel Andrés, U. de Valencia, España  
Pedro Andrés, U. de Valencia, España  
Luis Tupak Aguilar, CITEDI-IPN, México  
David H. Covarrubias Rosales, CICESE, México  
Ernesto García Domínguez, UAZ México  
Mireya Sara García Vázquez CITEDI-IPN, México  
Luis García Santander U. de Concepción, Chile  
Geminiano D. Martínez Ponce, CIO, México  
Oscar Montiel Ross, CITEDI-IPN, México  
Arturo Moreno Báez, UAZ México  
Claudia Sifuentes Gallardo, UAZ México  
Carmen Maya Sánchez, CICESE México  
Ricardo Chávez Pérez, CICESE México  
Roberto Conte Galván, CICESE México  
Juan Iván Nieto Hipólito, FIAD-UABC, México  
José Antonio Michel Macarty, FIAD-UABC, México

## Contenido

Vol. 6, No. 3, enero-abril 2013

### EDITORIAL

#### El círculo perfecto

82

En la editorial de este número, se resalta lo que podría considerarse una razón de la, relativamente, poca participación de los investigadores locales. A manera de ensayo, se recuerda el concepto de malinchismo y se agrega un sentimiento pariente de éste, el desprecio a lo propio. Descalificar el esfuerzo que se hace en casa, es un reflejo de muchos factores. Uno de ellos es el sistema meritocrático en que vive y crece el investigador. Al principio se ve obligado a hacerlo, pero una vez adentro del sistema, lo hace convencido que sólo así se puede reconocer su calidad, y de paso, desprecia lo que hagan los demás. Pero continuando con este esfuerzo, en este número se cuenta con la colaboración de investigadores del área de las ciencias sociales y de investigadores del grupo de procesamiento e instrumentación óptica.

#### La interferometría y sus aplicaciones científicas e industriales

83

por Claudia Sifuentes et al. pp. 83 – 88

En el presente artículo se analizan las propiedades de la luz coherente (láser), específicamente cuando éstas son aplicadas en la interferometría, aprovechando las características del principio de superposición ondulatoria. El trabajo tiene la finalidad de difundir la situación actual de esta técnica e invitar a conocer más de ella y de sus aplicaciones en la investigación científica y la industria, o bien para invitar a quien desee incursionar en esta tecnología.

### INVESTIGACIÓN

## **Characterizing a predator prey model to modelling social behavior towards a minority in a society**

**89**

por Alberto Ochoa-Zezzatti et al. pp. 89 – 94

La clave para la interacción de los depredadores y sus presas es su uso del espacio (patch uso el uso del hábitat). El patrón de la superposición espacial entre depredadores y presas afecta las tasas de sus encuentros, las tasas de depredación, y, en última instancia, la población presa-depredador y la dinámica de la comunidad. Cientos de estudios han demostrado que las víctimas tienden a evitar zonas con más depredadores. Presa y los depredadores podrían entonces ser asociados negativamente. Por el contrario, numerosos estudios que toman una perspectiva depredador han demostrado que los depredadores tienden a preferir zonas con más presas, una asociación espacial positiva. Estas respuestas claramente se contraponen.

## El círculo perfecto o la cubeta con cangrejos invertida

**H**ACE más de diez años que apareció el libro *Juárez de carne y hueso*, de Armando Ayala Anguiano. En cierta parte nos dice que la rivalidad entre liberales y conservadores era tal, que preferían que el país se fuera a la ruina, antes que ver triunfar a los del otro bando. No sé si eso se aplique al malinchismo, o se trate más bien de otra forma de negar lo propio. Porque el malinchismo como tal, es la admiración hacia lo extranjero. Admirar lo extranjero es algo casi universal. Sin embargo, hay algo más fuerte al malinchismo, es el desprecio a lo nacional. El científico nacional requiere que su trabajo se publique en el extranjero, de lo contrario se cree que no puede ser reconocido, y eso además aumenta su ego. Pero cabe preguntar, ¿cuánto le cuesta al país mantener el ego científico de algunos, si el resultado neto es la fuga de divisas? Anualmente se pagan miles y miles de dólares a editoriales extranjeras (un jugoso negocio). ¿Por qué no podemos construir nuestra propia plataforma de publicaciones? Entonces sería posible que lo que se desarrolla aquí lo consulten desde otro país y no, como sucede, volver a pagar para acceder a esos trabajos que ya costaron al país.

La negación a cualquier publicación nacional, salvo escasas excepciones, comienza en el sistema gubernamental, es decir, el Conacyt, y lo defiende a capa y espada el otro sistema meritocrático, el SNI. Entre ellos dos se cierra el círculo que impide abrir, siquiera por el beneficio de la duda, la posibilidad de generar o comenzar a generar nuestras propias plataformas de difusión de la ciencia. Más aún, parece ser que se presenta el ejemplo de la cubeta con cangrejos, pero ahora, en lugar de que los que están abajo jalen hacia abajo a los de arriba (impidiendo el éxito), son los de arriba los que empujan a los de abajo, para evitar que salgan y ser ellos los únicos que puedan alcanzarlo. A eso le llamo, la cubeta con cangrejos invertida. Aclaro que desde un principio hemos estado abiertos a la crítica, de preferencia constructiva, porque de la otra ya tenemos suficiente. Se podrá debatir sobre la calidad y descalificarla, pero se puede garantizar que el esfuerzo de quienes han participado y participan en esta Revista es bien intencionado. Es más, han habido, en el transcurso de estos años, trabajos de excelente calidad.

© abril 2013 G. Miramontes

correo-e: [gmiram2002@yahoo.com](mailto:gmiram2002@yahoo.com)

DIFU100ci@ (léase difuciencia) es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Autónoma de Zacatecas, Jardín Juárez 147, Col Centro Zacatecas, Zac. Tiene como objetivo difundir conocimientos científicos y tecnológicos del área de la ingeniería, a través de artículos de divulgación y artículos que muestren temas de investigación.

### EDITOR EN JEFE

Gerardo Miramontes de León  
U. Autónoma de Zacatecas

### CONSEJO EDITORIAL FUNDADOR

[Leonardo Acho Zuppa](#)

U Politècnica de Catalunya  
España

[Miguel Andrés](#)

U. de Valencia, España

[Pedro Andrés](#)

U. de Valencia, España

[Luis Tupak Aguilar](#)

CITEDI-IPN, México

[David H. Covarrubias Rosales](#)

CICESE, México

[Ernesto García Domínguez](#)

U. Autónoma de Zacatecas

[Mireya Sara García Vázquez](#)

CITEDI-IPN, México

[Luis García Santander](#)

U. de Concepción, Chile

[Geminiano D. Martínez Ponce](#)

CIO, México

[Oscar Montiel](#)

CITEDI-IPN, México

[Claudia Sifuentes Gallardo](#)

U. Autónoma de Zacatecas

*El contenido de los artículos es responsabilidad exclusiva de los autores. Se permite la reproducción total o parcial de los contenidos siempre y cuando se cite la fuente, y en los términos de la Ley Federal de Derechos de Autor y, en su caso, de los tratados internacionales aplicables.*

# La interferometría y sus aplicaciones científicas e industriales

Claudia Sifuentes Gallardo, Alejandro Delijorge Ramírez  
Juan Manuel Alvarez Raygoza y Arturo Moreno Báez

## *Interferometry and its scientific and industrial applications*

Recibido: marzo 12, 2013

Aceptado: abril 10, 2013

Palabras clave: Interferometría; principio de superposición; Fibra óptica.

### **Abstract:**

*In this paper we analyze the properties of coherent light (laser), specifically when they are applied in interferometry, exploiting the characteristics of wave superposition principle in order to disseminate the current state of the art and invite you to learn more about its applications in scientific research and industry, or to invite anyone wishing to enjoy this technology.*

**Keywords:** Interferometry, superposition principle, optical fiber.

**D**ESDE la invención del láser en 1960 se han encontrado infinidad de aplicaciones para éste, mismas que van desde las más triviales como apuntadores, hasta aquellas que hace 50 años serían impensables para el ser humano. Aún en la actualidad el estado del arte continúa descubriendo aplicaciones sorprendentes en las que la luz coherente y sus propiedades son imprescindibles. Una de las técnicas que más auge ha tenido y sigue evolucionando constantemente (y donde el láser se utiliza) es la posibilidad de medir algunas variables físicas empleando luz, habilidad que por increíble que parezca, hoy es una realidad ampliamente difundida; conocida generalmente como instrumentación óptica.

Una de las técnicas que más auge ha tenido es la posibilidad de medir algunas variables físicas empleando luz

Cuando se piensa en instrumentación óptica se vuelve obligatorio pensar también en interferometría. La interferometría es una técnica que aprovecha las propiedades ondulatorias de la luz para desarrollar dispositivos de medición



de gran sensibilidad y resolución que pueden llegar al orden de los nanómetros. Es precisamente la utilidad anterior y muchas otras que son posibles asignar a la interferometría las que hacen que hoy en día se encuentran interferómetros en prácticamente cualquier rama de la industria y en la investigación.

## INTERFEROMETRÍA

El interferómetro es un instrumento empleado para producir interferencia entre dos o más rayos de luz (generalmente coherente <sup>1</sup>) tomando como base al principio de superposición de ondas electromagnéticas.

La ecuación de onda está dada por la ecuación 1

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = \frac{1}{x^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} \quad (1)$$

donde:

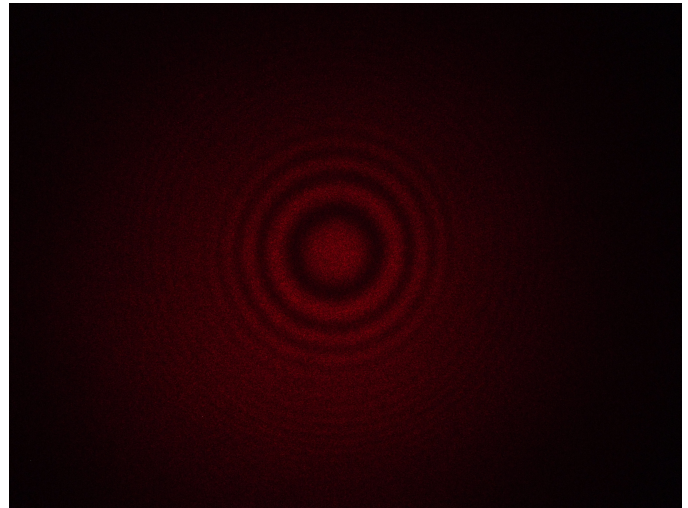
$\psi$  es la función de onda en el espacio-tiempo.

$x$  es la variable de espacio en metros.

$t$  es la variable de tiempo en segundos.

$v$  es la velocidad de la onda en el medio a través del cual viaja en  $m/s$ .

La ecuación 1 es una ecuación diferencial lineal, homogénea de segundo orden. Considerando a las funciones  $\psi_1$  y  $\psi_2$  como soluciones generales de la ecuación de onda, se tiene que  $\psi_3 = (\psi_1 + \psi_2)$  es también una solución a la misma. La solución anterior implica que cuando las funciones de onda  $\psi_1$  y  $\psi_2$  coinciden en el espacio, la amplitud de la solución  $\psi_3$  será la suma algebraica lineal de las amplitudes  $A_{\psi_1}$  y  $A_{\psi_2}$ . Por ejemplo, se tendrá entonces que cuando la amplitud tanto de  $\psi_1$  como de  $\psi_2$  sea positiva,  $\psi_3$  será una onda de amplitud positiva y mayor dada por  $A_{\psi_1} + A_{\psi_2}$  (interferencia constructiva); cuando la amplitud una de las ondas que intervienen en el proceso de interferencia es negativa se tendrá que la amplitud de  $\psi_3$  será  $A_{\psi_1} - A_{\psi_2}$  o bien  $A_{\psi_2} + A_{\psi_1}$  (interferencia destructiva); por último, es posible también obtener una amplitud dada



*Figura 1. Patrón de interferencia obtenido en el laboratorio de Óptica y Procesamiento de Imágenes de la Universidad Autónoma de Zacatecas.*

por  $-(A_{\psi_1} + A_{\psi_2})$  cuando ambas ondas iniciales tienen amplitud negativa. El principio de superposición previamente mencionado está definido por la solución  $\psi_3$ .

En un interferómetro, usualmente un haz de luz coherente es separado en dos rayos de luz por un divisor de haz (espejo parcialmente reflector). Cada haz sigue un camino diferente al del otro (camino óptico) y ambos son recombinados antes de ser detectados. La diferencia en la distancia recorrida por cada haz produce una diferencia de fase entre ellos. Cualquier cambio en la fase es indicio de un cambio en la distancia o en el índice refractivo en uno de los caminos ópticos; al momento de hacer reincidir los rayos de luz, la diferencia de fase entre ellos produce un patrón de anillos concéntricos o franjas de luz espaciadas entre ellas producto de las interferencias constructivas y destructivas como el que se muestra en la Figura 1.

Las características del patrón de interferencia dependen de la naturaleza de la fuente de luz y de la orientación del divisor de haz y los elementos empleados para dividir el haz inicial (generalmente espejos). Los interferómetros reciben ciertos nombres y clasificación dependiendo principalmente de los elementos empleados para su implementación y la orientación de los mismos. El más común de ellos es el interferómetro de Michelson, llamado así en honor de su in-

<sup>1</sup> Onda luminosa cuyos puntos sobre la misma mantienen una fase constante, dando la característica de luz monocromática.



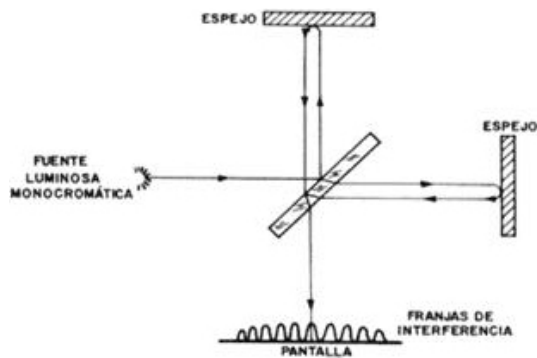


Figura 2. Arreglo de un interferómetro básico de Michelson.

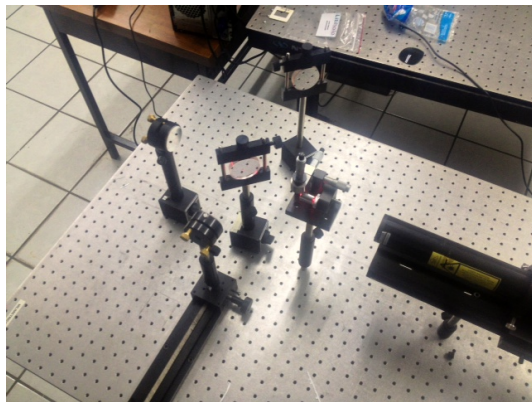


Figura 3. Interferómetro de Michelson implementado en el laboratorio de Óptica y Procesamiento de Imágenes de la Universidad Autónoma de Zacatecas.

ventor, Albert Abraham Michelson y empleado por primera vez en el conocido experimento de Michelson y Morley <sup>2</sup>. En el interferómetro de Michelson el haz inicial de luz es dividido en dos caminos ópticos, los cuales son perpendiculares entre ellos como puede verse en la Figura 2. El arreglo implementado en el laboratorio de Óptica y Procesamiento de Imágenes de la Universidad Autónoma de Zacatecas es mostrado en la Figura 3. Más adelante se mencionarán otros tipos de interferómetros en Aplicaciones de la interferometría.

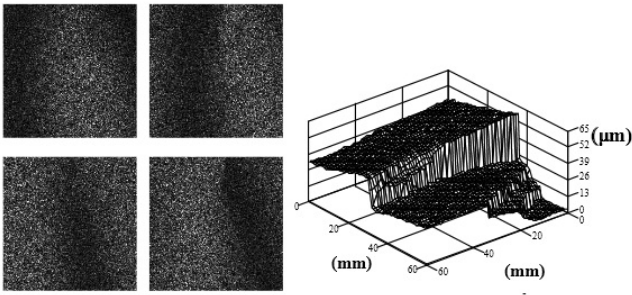
<sup>2</sup> Experimento realizado en 1887 con la finalidad de demostrar la supuesta existencia del éter y su efecto sobre las ondas luminosas que viajan en el espacio.

La técnica que emplea el uso de interferómetros con algún propósito es llamada interferometría. La distancia entre dos franjas del patrón de interferencia es equivalente a la longitud de onda del haz de luz, por lo que con el empleo de la interferometría es posible realizar mediciones de distancias muy pequeñas equivalentes a un múltiplo de la longitud de onda del haz de luz utilizada en la implementación del interferómetro. Desde sus inicios, la interferometría ha sido una técnica ampliamente utilizada sin embargo, el hecho que revolucionó el empleo de la misma fue la invención del láser [2], que hoy es empleado como fuente de luz en la mayoría de los interferómetros. Por la naturaleza de la luz láser y las características de su longitud de onda es posible medir distancias del orden de los micrómetros y hasta nanómetros cuando dichos dispositivos son aplicados en interferometría. El interferómetro es el instrumento de medición más preciso y sensible conocido por el hombre hasta ahora y como es de suponer, el empleo de la interferometría está ampliamente difundido y cuenta con una gran variedad de aplicaciones, algunas de las cuales se mencionan posteriormente.

El interferómetro es el instrumento de medición más preciso y sensible conocido por el hombre hasta ahora

## APLICACIONES DE LA INTERFEROMETRÍA

Se mencionarán algunas aplicaciones de la interferometría a diferentes áreas. Una de ellas es en aplicaciones industriales. Tal es el caso en la detección y medición de deformaciones de una estructura, ya que ésta al ser expuesta a fuerzas externas sufre dicha deformación además de producir concentraciones de esfuerzos dentro y en su superficie. En este tipo de aplicaciones se utiliza la interferometría electrónica de patrones de moteado, ésta técnica permite la detección en campo completo de los desplazamientos de un objeto de prueba. Los defectos internos y externos intro-



*Figura 4. Resultados de la medición de la fractura. a) Franjas de Moteado. b) Isométrico de la medición de fractura [3].*

ducen anomalías en los desplazamientos, los cuales se traducen en deformaciones del patrón de franjas [3].

Al someter una superficie a una carga mecánica, ésta sufre microdesplazamientos. Al analizar los interferogramas de moteado se extrae la fase y los desplazamientos que sufrió el objeto de tal manera que se puede determinar la magnitud física que se desea medir. Como ejemplo se analiza una placa metálica a la cual se le aplicó una carga puntual, posteriormente fué analizada mediante un interferograma. Como puede observarse en la Figura 4, el desplazamiento máximo obtenido debido a la carga en que se abre la fractura es del orden de 65  $\mu\text{m}$  [3].

La interferometría de igual forma es una técnica utilizada en la radioastronomía, rama de la astronomía. Tal es el caso del proyecto Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array (ALMA) el mayor proyecto astronómico del mundo el cual comprende un conjunto de antenas repartidas en una extensa área donde trabajan en conjunto utilizando el método de interferometría cuya resolución depende de la separación máxima entre las antenas. Las señales de las antenas se combinan y se procesan para simular el funcionamiento de un telescopio individual, es decir, un interferómetro funciona como un telescopio del tamaño del conjunto entero [4].

El conjunto principal de ALMA está compuesto por 50 antenas de 12m de diámetro dispuestas en configuraciones específicas, simulando un telescopio gigante. Otras 16 antenas formaran el Conjunto Compacto Atacama cuya función será la de proporcionar una imagen mas general de los ob-

jetos astronómicos observados y medir el brillo absoluto de los objetos. Gracias a la interferometría, el conjunto de antenas de ALMA operan como un dispositivo científico único el cual estudia al universo a longitudes de onda milimétricas y submilimétricas, lo cual no sería posible con un solo reflector [4].

Un componente fundamental en la interferometría es la fibra óptica, ya que se han construido dispositivos interferométricos totalmente con este componente, lo cual a generado el nacimiento de una generación de sensores ópticos. En los dispositivos interferométricos se suele utilizar la fibra monomodo ya que esta mantiene totalmente la coherencia espacial logrando así una visibilidad maxima de las franjas interferenciales. La mayoría de los interferómetros de fibra óptica son dispositivos de dos haces en los que una fibra óptica es expuesta a los estímulos y la otra se aísla de los mismos. Los mas utilizados son el de Mach-Zehnder, Michelson y Sagnac [5].

En el interferómetro de Mach-Zehnder la luz proveniente de la fuente se inyecta en una fibra óptica, esta señal guiada se divide en amplitud con un acoplador direccional obteniendo dos brazos de fibra óptica, uno de señal y otro de referencia, posteriormente con otro acoplador se recombinan los dos haces que interfieren coherentemente, esta interferencia se puede observar en las dos salidas del acoplador[5].

En el interferómetro de Michelson en fibra óptica solo se utiliza un acoplador direccional; los extremos de las fibras de salida de este acoplador son reflectantes de forma que los haces vuelven hacia el acoplador donde se recombinan, por tanto se tienen dos salidas, una de ellas vuelve a la fuente de luz, esto provoca un exceso de ruido, por lo cual es conveniente aislar la fuente de esta realimentación. Generalmente sucede en diodos laser. Las salidas de este dispositivo tiene la misma forma que el interferómetro de Mach-Zehnder, pero en este caso la visibilidad depende de la reflectividad de las fibras y del grado de coherencia[5].

El giróscopio óptico el cual esta basado en el efecto Sagnac. En este interferómetro los dos haces recorren caminos idénticos pero en direcciones opuestas, el equivalente en fibra óptica utiliza un acoplador direccional en donde el haz de entrada es separado por el acoplador cuyas dos salidas están unidas por un anillo de fibra. de esta forma circulan

por este dos haces en direcciones opuestas que se combinan en el acoplador [5].

Otro interferómetro que es importante mencionar es el interferómetro de Fabry-Perot, el cual está basado en las interferencias de ondas múltiples generadas mediante dos láminas plano paralelas iluminadas en incidencia próxima a la normal. Este interferómetro no hace uso de la fibra de vidrio, sino que utiliza dos laminas de vidrio plano paralelas cuya superficie interna está cubierta de una película plateada de alta reflectividad.

Otra área de aplicación de la interferometría es en la sismología tal es el caso de la Interferometría diferencial DInSAR, técnica utilizada para el monitoreo de la subsidencia en Bogotá por mencionar un ejemplo. La técnica de Interferometría Diferencial SAR (DInSAR) permite cuantificar los desplazamientos verticales del terreno con precisión superior al centímetro monitoreando grandes extensiones de terreno mediante la utilización de datos de sensores radar instalados en satélites [6].

La técnica de interferometría SAR es empleada para reconstruir la topografía de la escena de estudio combinando dos imágenes SAR obtenidas desde posiciones distintas. El par de imágenes SAR tomadas de diferentes puntos de vista se combinan de manera que la diferencia en sus distancias a un mismo punto se relaciona con la topografía de la escena, además de que el interferograma debe ser desarrollado y geodificado, es decir, para proyectar el mapa de altura en coordenadas radar sobre la superficie terrestre consiguiendo el modelo de la elevación digital [6].

En la Oftalmología también hace el uso de la interferometría, ya que el uso de esta permite medir la agudeza visual de la retina, esta agudeza visual se conoce como potencial visual.

Gracias a la interferometría se pueden realizar gran cantidad de mediciones sumamente precisas entre las cuales se pueden mencionar las siguientes. Por ejemplo en la medición y definición de un metro patrón. También se pueden realizar medidas de las deformaciones de una superficie ya que debido a causas variadas se pueden generar deformaciones que no son detectables a simple vista, por ejemplo, la fractura de un elemento mecánico de una máquina. Otra aplicación es en la determinación de la forma

exacta de una superficie, ya que en instrumentos modernos de alta precisión las superficies ópticas tienen que tallarse de tal forma que no tengan desviaciones de la forma ideal. También se utiliza la interferometría en la alineación de objetos sobre una línea recta perfecta, puesto que en ocasiones se tiene la necesidad de tener una línea recta perfecta en ciertas actividades ingenieriles, como por ejemplo, la base de un torno de alta precisión debe ser tanto más recta cuanto más fino sea el torno. Además se pueden hacer mediciones de ángulos con alta precisión. Estos ejemplos hacen ver la utilidad que tiene la interferometría en la metrología óptica utilizando las ondas de luz como escala [7].

## La interferometría en la ingeniería biomédica

En la actualidad, la interferometría y las técnicas ópticas parecen tener un futuro prometedor en cuanto al análisis de las ciencias de la salud, pues éstas tienen la ventaja de ser no invasivas, no ionizantes, fáciles de implementar, altamente eficientes y baratas. Recientemente se han desarrollado métodos para detectar morfologías celulares alteradas por medio de la interferometría. Las alteraciones en estructura celular son asociadas al cáncer en sus etapas tempranas, por lo que el empleo de dicha técnica puede representar una herramienta poderosa para el diagnóstico de este padecimiento. Además, la capacidad de la interferometría para medir desplazamientos sumamente pequeños permite estudiar con alta precisión el crecimiento o disminución del tamaño de tumores.

La interferometría también es aplicada como una técnica no invasiva para estudiar el avance o recuperación de fracturas óseas [8].

Otra de las más reconocidas investigaciones dentro de la ingeniería biomédica consiste en medir la velocidad del flujo de sangre por medio de una técnica especial de interferometría ultrasónica donde dos pulsos son emitidos simultáneamente por dos láseres de cristal y pasan a través de los vasos sanguíneos, los pulsos son recibidos nuevamente por los láseres y la diferencia de fase entre ellos es empleada para calcular la velocidad de flujo. Con la tecnología anterior, se ha logrado el monitoreo del flujo sanguíneo con du-

raciones de hasta más de tres meses con ayuda de implantes telemétricos<sup>3</sup> [9].

## CONCLUSIONES

Las propiedades de la interferometría analizadas anteriormente y la infinidad de aplicaciones con las que ésta cuenta en la actualidad permiten augurar que esta técnica no solamente se mantendrá vigente durante mucho tiempo más, sino que también cuenta con un muy promisorio futuro de tal forma que en unos cuantos años la instrumentación óptica de la mano de la interferometría tendrá prioridad sobre la mayoría de las técnicas aplicadas en metrología. Por lo anterior es que el presente artículo exhorta e invita a toda aquella persona dedicada a la investigación científica y al desarrollo tecnológico, especialmente a aquellas que trabajan en el área de la óptica a pensar en la interferometría como un campo que cuenta con una enorme posibilidad de crecimiento, tomando en cuenta además que en la actualidad es posible implementar un interferómetro en cualquier laboratorio universitario de óptica e incluso puede lograrse con apuntadores láser económicos y espejos comunes y rudimentarios, por lo que para iniciarse en esta técnica basta prácticamente con desearlo.

## Bibliografía

- [1] Hecht, Eugene (2002). *Optics*, Addison Wesley, pp. 14, 20-21.
- [2] Hariharan P. (2007). *Basics of interferometry*, Academic Press, pp. 1-5.
- [3] R. Rodriguez Vera, J. A. Rayas. Algunas aplicaciones industriales de la interferometría electrónica de patrones de moteado. [online] Disponible en internet: <http://www.cenam.mx/publicaciones/gratuitas/descarga/memorias%20simposio/documentos/ta-or069.pdf>
- [4] Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array. Disponible en internet: <http://www.almaobservatory.org/es/tecnologia/interferometria>
- [5] Ma. Cruz Navarrete Fernandez. Interferómetro de fibra óptica de tres brazos. Madrid: Febrero 1994. Presentado en la Universidad Complutense de Madrid para obtener el grado en Ciencias Físicas.
- [6] Sanchez Pablo, Barreto Arciniegas German. La interferometría diferencial DInSAR- Una técnica para el monitoreo de la subsidencia.
- [7] Daniel Malacara. Óptica tradicional y moderna. Disponible en línea: <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/084/htm/optica.htm>
- [8] Luo, Qingming (2010). *Optics in health care and biomedical optics*, Proceedins of the SPIE, Vol. 7845, pp. 11.
- [9] Rader, Roland D. (1974) *An interferometric blood flow measurement technique - A brief analysis*, Vol. 21, pp. 293-297.

### Acerca del autor o autores

Claudia Sifuentes y Arturo Moreno son investigadores del Cuerpo Académico de Procesamiento e Instrumentación Óptica. Ambos son Profesores de Tiempo Completo de la Fac. de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Autónoma de Zacatecas.

correo-e: [clausifuen@yahoo.com.mx](mailto:clausifuen@yahoo.com.mx)  
[morenob20@hotmail.com](mailto:morenob20@hotmail.com)

Alejandro Delijorge Ramírez y Juan Manuel Alvarez Raygoza son estudiantes del último año del Programa de Ingeniería en Comunicaciones y electrónica de la Universidad Autónoma de Zacatecas.

<sup>3</sup> La telemetría es la técnica que permite realizar mediciones de forma remota.



# Characterizing a predator prey model to modelling social behavior towards a minority in a society

Alberto Ochoa-Zezzatti, Nemesio Castillo, Fernando Maldonado, Daniel Azpeitia  
Chl   Mal  part, Iñigo Barandera  n, Diego Cordero and Zadquiel Renova

*Caracterizando un modelo  
predador-presa para modelar el  
comportamiento social hacia una  
minoría en una sociedad*

Recibido: enero 2, 2013  
Aceptado: marzo 13, 2013

Palabras clave: Modelo predador-presa; din  mica de comunidad; comportamiento social.

**Abstract:**

*Key to the interaction of predator and prey is their use of space (patch use habitat use). The pattern of spatial overlap between predators and prey affects their encounters rates, predation rates, and, ultimately, predator-prey population and community dynamics. Hundreds of studies have shown that prey tend to avoid areas with more predators. Prey and predators would then, be negatively associated. Conversely, numerous studies taking a predator perspective have shown that predators tend to prefer areas with more prey –a positive spatial association. These responses clearly contradict.*

**Keywords:** predator-prey model; community dynamics; social behavior.

**I** NTERESTINGLY , a recent review found that, surprisingly, few theoretical or empirical studies have examined how the interplay between predator and prey behavioral responses to each other determines patterns of predator-prey spatial overlap. Instead theoretical and experimental studies on predator-prey behaviors typically hold one side fixed (eg using cage predator or immobile prey), in order to focus on the behavior of the other. In nature, in many systems, both predators and prey are mobile and have the potential to engage in a behavioral response race. If preys win the race, the outcome is a negative spatial association between the two, whereas, if predators win, the result is a positive spatial association. The goal of this researcher is to provide an overview of factors that might influence the outcome of this race.

-----  
The key to the interaction of  
predator and prey is their use of  
space  
-----

Extant models predict that, when patches vary in resource availability, then both predators and prey should be more abundant in high-resource patches. That is, given a spatially variable resource base, predators and prey should exhibit a positive spatial association, and predator should win the race. No published behavioral study appears to address this prediction directly. Here, we present a new experimental study on the space race between predatory majority and minority prey. The key result was that predators and prey showed a significant negative spatial association: in essence, contrary to the prediction of the models, prey won the race. This result simulated a reconsideration of the logic underlying the basic prediction of the models. In brief, we suggest that, in existing models, predators win the race because prey are constrained by a “spatial anchor” which is essentially the fixed distributions of their resources, whereas predators have no corresponding spatial anchor.

---

Extant models predict that, when patches vary in resource availability, then both predators and prey should be more abundant in high-resource patches

---

In contrast, in nature, the space use of both predators and prey might be influenced by various constraints, costs, and benefits. In the subsequent discussion, we outline ideas and predictions about how some of these factors might affect the outcome of the predator-prey space race. Finally, we suggested directions for future studies. Understanding social behavioral space use (habitat use, patch use) is a fundamental issue this kind of model. Among other things, space use influences interactions among members of a given species, competition between two social groups, and exposure to abiotic stressors. Most important, in the current context, space-use decisions by predators and prey determine the pattern of spatial overlap between the two that, in turn, affects predator-prey encounter rates, predation rates, and ultimately,

predator-prey population and community dynamics. Given the importance of predator-prey space use, it seems reasonable to expect behavioral social modeling to have a good idea about the predator and prey behavioral decision underlying their joint space use. In fact, though we know much about either predator or prey space-use decisions, we know surprisingly little about the behavioral ecology of their joint space use. This research summarizes our extant knowledge, and presents new data and ideas on the critical issue.

From the predator view, two large bodies of work address predator patch or habitat use. Optimal-patch-use studies address space use for individual predators, and ideal-free-distribution (IFD) studies examine space use for groups of competing predators. In either case, theory predicts and empirical studies show that predators generally concentrate their efforts in areas with more prey. Predator-prey population social modeling as the relationship with minorities. These bodies of work, however, assume the prey do not respond to predators. Indeed, many of the classic experimental studies examining predator patch decisions used immobile or barely mobile prey (e.g., flowers, eggs, pupae, or mealworms). In essence, what we know about predator behavioral decisions on space use comes large from situations in which only predator (not prey) are free to choose among patches.

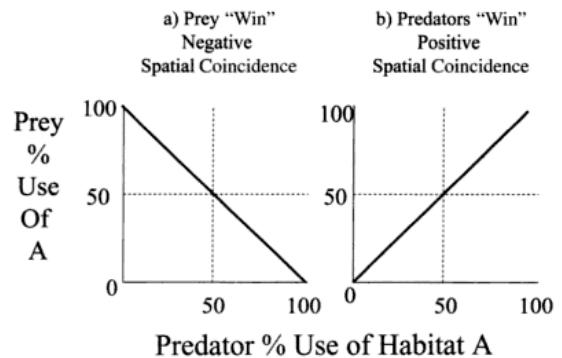
From the prey view, innumerable studies show that prey tend to avoid areas with higher predation risk. Theories on prey avoidance of high risk sites however almost always assume fixed predation regimes and typically feature one habitat with more food (for prey) in nature or more opportunities in social behavior [1] and more predators, as opposed to a safer, but lower food, habitat. Similarly, experimental studies on prey avoidance of areas with high risk typically use constrained predators. For example, predators are often caged to one side of an experimental arena (usually the side with more food for prey), while only prey are free to choose among patches.

In reality, in many natural situations, both predators and prey are free to exercise patch or habitat choice. Predators can respond to prey, and prey can respond to predators. The pattern of spatial coincidence between the two is an emer-

gent outcome of behavioral response race between predators and prey. If predators win the race the outcome is a positive association between the two (i.e., more predators are found in areas with more prey; Figure 1A). If, however, prey wins the race, then the two are negatively associated (i.e., prey are more abundant in areas with fewer predators; see Figure 1A). The two counteracting responses might have canceling effects (i.e., there might be no winner). The outcome would then be no significant spatial association, despite active behavioral responses by both sides. The “winner-loser” terminology deserves some clarification. In isolation from other fitness factors, predators and prey have opposite interests. Predators do best by foraging where there are more prey, and prey do best by avoiding areas with more predators. Thus, in the absence of other considerations, it is reasonable to say that if predators and prey are found together, predators have “won” the race, whereas, if they are found apart, then prey have “won” the race. The “loser” has lower fitness than it would have had with another pattern of space use. However, if other important fitness factors are included, then either a positive or negative pattern of spatial association can arise even when both predators and prey exhibit optimal space use. For example, some sites might have an abiotic environment that is highly stressful for prey, but not for predators. The optimal prey behavior might be to stay in non stressful sites even if doing so allows predators to aggregate with them.

One view of this situation might be that, because both sides are exhibiting optimal space use, there is no winner or loser. I will take a different view. In my use of the terminology, we will say that, even if prey is exhibiting optimal space use, the external constraint.

Although the models differ substantially in details, some simple general results emerge. Notably, in a broad range of scenarios, given a patchy distribution of resources, predators are predicted to aggregate in more productive patches with more resources. Given that predators do not consume the social resources, this is a fascinating result that was called a “leapfrog effect”. In contrast, although prey are also predicted to be more abundant in more productive patches, they are typically expected to be more uniformly distributed than predators. The basic logic is that, without social ene-



*Figure 1. Spatial correlation between predators and prey as an emergent outcome of a predator-prey race (A) If prey are successful in avoiding predators (i.e., if prey win the space race between predators and prey), then the outcome is a negative association between the two. (B) if predators are successful avoiding predators (i.e., if prey win the space), then the result is a positive spatial association.*

mies should prefer areas with higher opportunities to development. The majority people should tend also prefer those highly social productive sites. This preference should tend to drive social minorities out of those patches; however, given no constraints on a Social Majority’s in space. Because social minorities must still feed, under a broad range of conditions, they should ultimately at least somewhat prefer the more productive sites. In turn, social majorities should prefer those sites. Note that the result is a positive association between predators and prey. Both prefer patches with more resources (social opportunities). In the terminology of contests, predators are predicted to “win” the race. Most Social Modeling researchers propose solve for the evolutionarily stable outcome, but do not address the movements of people in and out of patches that underlie the equilibrium outcome. Interestingly, models that track social movements following simple, sensible (but not necessarily optimal) rules also predict that both majorities’ people and minorities’ people should be more abundant in patches with greater social opportunities availability. For example, [2] derived this result with models in which all people immi-



grate passively into patches, but social majorities emigration rates are higher when social majorities are scarce. Social minorities' emigration rates are higher when either social majorities are more abundant, or social opportunities are less abundant.

More complex models have examined numerous aspects of reality beyond the simplest scenario, including (a) more complex and variable degrees of competition among predators or among prey [4] (b) nonlinear functional responses [4] (c) social costs [3] (d) state dependences [3] (e) two types of predators represented as social majorities [5] and intraguild social blockade [6] and (f) mobile resources that also avoid consumption [7] Finally, [8] have explicitly addressed the population-dynamic consequences of the predator-prey space race. The notion that predators should win the race is intriguing. Why should this outcome occur? My interpretation of the basic intuition is as follows: In the absence of external constraints or costs, conflict games (predator-prey games, male-female conflict games) often have no equilibrium. External constraints, however, stabilize the system. If only one side has a constraint (or has a stronger constraint), then the other side wins the race. In the predator-prey space race, a key type of external constraint is a spatial anchor, which is to say, essentially, any reason, outside the predator-prey race per se, for which either predators or prey should prefer some patches over others. In the models already described, prey has a spatial anchor: the spatial distribution of their resources. Predators have no spatial anchor. As a result, predators win the theoretical race.

In some existing models, predators also have a spatial anchor which considered the situation in which predators have higher inherent attack success in some patches than in others. The sites with low predator attack success then function as refuges for prey. The models predicted that, if patches differ in predator attack success (i.e., in prey safety) but not in resource value then predators and prey should exhibit a negative spatial association: prey should win the race. Most prey should hide in the social refuge sites. Because predators suffer poor attack success in refuge sites to stay safe, they do not aggregate there, even though prey are more abundant in those sites. Thus, when predators have a spatial anchor prey win the space race.

Overall, the most basic prediction emerging from most of the models is that, if patches vary only in resource value, then predators and prey should both aggregate in patches with high resource productivity. Predators and prey should exhibit a positive spatial association (i.e., predators should win the predator-prey space race). If, however, patches vary in inherent predator attack success (or, conversely, in prey safety) and not in resource productivity, then predators and prey should be negatively associated. Prey should be in social refuge sites where predators suffer low attack success, whereas predators should be in sites where they enjoy higher attack success, even though most prey are found in the other patches.

## RESULTS AND SPECIFIC DISCUSSION

Figure 2 shows the proportion of predator or prey on the high-resource side in the different treatment. A one-way ANOVA showed that tadpole space use was significantly influenced by treatments ( $F=22.47$ ;  $df=217$ ;  $p<.001$ ). In the absence of predators, tadpoles spent about 75% of their time on the high-resource side. This result differs significantly from random (50%;  $t=3.16$ ,  $df=3$ ,  $p=.05$ ), but does not differ significantly from matching, as predicted by simple IFD theory (80%;  $t=0.59$ ,  $p<.50$ ). As expected, the presence of a majority fenced into the high resource side caused a large, significant decrease in tadpole use of the high-resource side (Dunnett's test:  $p<.05$ ). In the absence of prey, a social majority use of the two halves of the tank did not differ significantly from random ( $t=0.83$ ,  $df=3$ ,  $p<.40$ ).

As predicted, when both kind of predators and prey were free-ranging, tadpoles showed a preference for the high-resource side ( $t=2.67$ ,  $df=11$ ,  $p=.01$ ). However, contrary to predictions, the social majority did not aggregate on the side with high sources (and, on average, higher tadpole densities). Instead, the social majority's patch use did not significantly differ from random ( $t=0.74$ ,  $df=11$ ,  $p<.40$ ).

Figure 3 shows the relationship between the proportions of prey in the high-resource side and the proportion of predators in the high-resource side. Each point represents the mean value for a given replicate when observations are

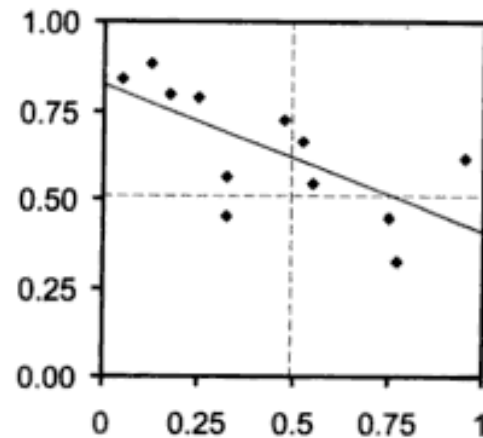
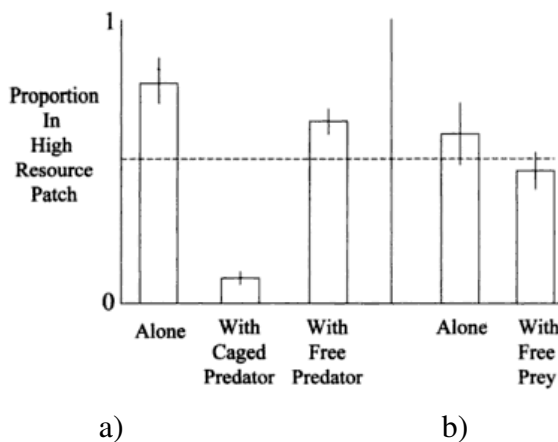


Figura 2. Proportion of predatory social majority or social minority prey in the high-resource (HR) side of an experimental arena, when prey or predators are held in single-social groups, or with the other social groups. Predators were either caged or free-ranging. Means and standard errors are shown. The horizontal dashed line is the null expectation (0.50).

Figura 3. Proportion of a minority on HR side.

pooled over time. The y-intercept, 0.825, is the proportion of prey on the high-resource side if all predators are on the low-resource side. As expected, this value is significantly greater than random ( $t=4.45$ ,  $p_i.01$ ). According to the regression line, if predators are uniformly distributed (50% on each side), then, as one might expect, prey show a slight preference for the high-resource side. Most interestingly, contrary to the prediction of extant models, predator and prey distributions were negatively associated ( $r=-.69$ ,  $N=12$ ,  $p_i.001$ ). If predators spent more time on the high-resource side, then prey spent less time on that side. Of course, this result is not entirely unanticipated. It simply means that prey avoid predators (i.e., that prey win the predator-prey space race). The result is only unexpected in the sense that existing models predict that in this experimental scenario, predators should win the race. Overall, prey behavior generally fitted adaptive expectations. In the absence of predators, prey space use matched prey resource base. When predators were present and fenced into the high-resource side, prey avoided predators. When freely roaming predators spent most of their time on the low-resource side, prey

heavily favored the side that had both more resources and greater safety. When freely roaming predators spent more time on the high—resource side, prey spent less time on that side (i.e., prey avoided freely roaming predators). In contrast, predator behavior did not match adaptive expectations. Predators did not tend to aggregate in areas with more prey.

For the treatment in which both predators and prey are free-ranging, the correlation between predator and prey use of the high-resource side. In Figure 3, each point shows the mean space use for one replicate. Pearson's  $r=0.69$ ,  $p_i.001$ . Following the intuition outlined earlier, several types of anchors or constraints could possibly explain why prey won this race. First predatory social majority interfered with each other, thus increasing the cost of predator aggregation in areas with more prey. Second, because predators were much larger and more active than prey, prey might have had better information about predator space use than vice versa. Third, after predators had consumed a few social opportunities from prey had less social opportunities.

### A Broader Look at Factors influencing the Social space race

In a broad view, we suggest that the outcome of the predator-prey space race should depend on (a) the relative

abilities of predators and prey to respond to each other spatially, (b) the relative abilities of predators and prey to respond to each other spatially, (c) the relative costs of responding, and (d) the relative benefits of responding (Tabla 1).

*Tabla 1. Factors that should influence the outcome of the predator-prey race.*

Relative abilities to respond
Movement ability
Information ability processing
Relative costs of responding
Movement costs
Conflicting fitness needs-spatial anchors
Benefits of responding
“Life-dinner” principle
Energy state or risk of starvation
Prey or predator density

As noted earlier, in the absence of external constraints, or anchors, the race might not have a clear, logical winner. Instead patterns of spatial association might fluctuate with no stable equilibrium.

In our future research, we will implement an ubiquitous model to determine discrimination in a society and legal effects associated with this, we will implement a Brazilian Nut Effect.

## Bibliografía

[1] A. Ochoa, S. Quezada, J. Ponce, F. Ornelas, D. Torres, C. Correa, de la Torre, & Meza M. From Russia with Disdain: Simulating a Civil War by Means of Predator/Prey Game and Cultural Algorithms, Artificial Intelligence for Humans: Service Robots and Social Modeling, Grigori Sidorov (Ed.), 978-6-07000-478-0 137 145 , October 2008, Mexico.

[2] Sih, A. and McCarthy, T.M. 2002. Prey responses to pulses of risk versus pulses of safety: testing the risk allocation hypothesis. *Anim. Behav.* 63:437-443.

[3] Lima, S.L. 2002. Putting predators back into behavioral predator-prey interactions. *Trends Ecol. Evol.* 17:70-75.

[4] Krivan, V. 1997. Dynamic ideal free distribution: effects of optimal patch choice on predator-prey dynamics. *A. Nat.* 149:164—178.

[5] Thomas, C.D. 1989. Predator-herbivore interactions and the escape of isolated plants from phytophagous insects. *Oikos* 55:291-298.

[6] Parker, G.A. 1979. Sexual selection and sexual conflict. In: *Reproductive Competition and Sexual selection* (Blum, M.A., and Blum, n.A., eds.). New York: Academic Press; 124-166.

[7] Stiling, P.D. 1987. The frequency of density-dependence in Social conflicts. *Social Modelling Journal* 21: 844-856.

[8] van Baalen, M., and sabelis, M.W. 1993. Coevolution of patch selection strategies of predator and prey and the consequences for ecological stability. *Am. Nat* 142:646-670.

## Acerca del autor o autores

Alberto Ochoa-Zezzatti, Nemesio Castillo, Fernando Maldonado, Daniel Azpeitia and Zadquiel Renova are with the Juarez City University, México, Chlöé Malépart is with the Université Québécoise au Montréal, Québec, Iñigo Baranderaín is with the Unversidad de Deusto, Basque Country, and Diego Cordero is with Unversidad Católica de Cuenca, Ecuador.  
e-mail: [alberto.ochoa@uacj.mx](mailto:alberto.ochoa@uacj.mx)



#### INSTRUCCIONES PARA AUTORES

DIFU100ci@ (léase difuciencia) es una publicación cuatrimestral del Cuerpo Académico de Procesamiento e Instrumentación óptica, de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Autónoma de Zacatecas. Tiene como objetivo difundir conocimientos científicos y tecnológicos del área de la ingeniería, a través de artículos de divulgación y artículos que muestren temas de investigación. La revista cuenta con el Certificado de Reserva de Derecho al Uso Exclusivo del Título expedido por el INDAUTOR, Reserva: 04-2010-110314331900-102.

Los trabajos pueden ser clasificados, al menos, en tres categorías: Divulgación, Investigación, y Tutoriales.

**Divulgación:** Artículos que no necesariamente contienen resultados de proyectos de investigación propiamente. En esta sección también se podrán incluir trabajos que presenten nuevos enfoques a temas de investigación de modo que permitan ampliar su difusión.

**Investigación:** Se pueden incluir resultados de investigación aunque conservando el enfoque a la divulgación, es decir, no necesariamente con el rigor de un “paper”. Con ese enfoque se pretende motivar aun mayor número de lectores al hacerles llegar los nuevos tópicos que se estudian actualmente. Los trabajos sobre desarrollo tecnológico pueden ser considerados en esta categoría y se recomienda que un mayor número de trabajos correspondan a esa importante tarea.

**Tutoriales:** Se muestran temas novedosos, pero poco conocidos. O bien, nuevos enfoques a temas básicos, con un objetivo didáctico, de modo que permitan ampliar el conocimiento y motiven su aplicación en proyectos de ingeniería (desarrollo tecnológico). Página provisional de la Revista:

<http://www.uaz.edu.mx/gmiram/Revista.htm> **Sobre el formato del texto:** Los trabajos se pueden enviar en formato txt y las gráficas o figuras en formato jpg con buena resolución. De ser posible debe enviarse un solo archivo rar o zip que contenga tanto el texto como las figuras. En el caso de utilizar Word, se deberá enviar en formato .doc, sin utilizar macros (no se aceptará formato docx). También se aceptarán trabajos en formato OpenOffice. No se solicita ningún formato de página en especial, ya que el texto será llevado al formato de la revista. El trabajo debe incluir

1. Título y Lista de autores.
2. Resumen en un máximo de 200 palabras. El Resumen se utiliza como descripción del trabajo en el índice ampliado, y no aparece en el cuerpo del documento (ver algún número anterior como muestra).
3. Cuerpo del documento: El título de las Secciones será en MAYÚSCULAS, debidamente acentuadas. Las Subsecciones en minúsculas con la primera letra en mayúscula.
4. Las ecuaciones deberán indicarse lo más claramente posible, aun en formato txt. Por ejemplo:  $H(\omega_1) = z^2 / (z - 0.5)$  where  $z = e^{(j)\omega_1}$
5. Biografía de los autores. El lugar de adscripción se incluirá en una sección “acerca del autor” donde se podrá incluir una breve descripción del puesto que desempeña o ha desempeñado cada autor.

El autor principal deberá enviar debidamente llenado y firmado el formato de “cesión de derechos”, manifestando además que el trabajo no ha sido publicado previamente.

---

#### POLÍTICA EDITORIAL:

Los originales serán sometidos a un proceso editorial en varias fases. En primer lugar, los artículos recibidos serán objeto de una evaluación preliminar por parte del Comité Editorial, quien determinará la pertinencia de su publicación, con base a los requisitos temáticos. En la segunda fase, los artículos son enviados a dos pares académicos externos, quienes determinarán en forma anónima uno de los siguientes dictámenes: a) publicar sin cambios, b) publicar después de cumplir correcciones menores, c) publicar una vez que se haya revisado a fondo, d) rechazar. En caso de discrepancia entre los dos árbitros, el texto será enviado a un tercer árbitro, cuya decisión definirá si es aceptado o rechazado. Los resultados del proceso del dictamen son inapelables en todos los casos.





#### INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

DIFU100ci@ (read difucencia) is a quarterly publication of the Processing and Optical Instrumentation Academic Group, Faculty of Electrical Engineering, Universidad Autonoma de Zacatecas. It aims to disseminate scientific and technological knowledge in the field of engineering, through application oriented articles and articles showing research topics. The magazine has a certified copyright number for exclusive use of the title issued by INDAUTOR, Reserve: 04-2010-110314331900-102.

**Aims and Scope:** The articles can be classified in at least three categories: Divuligation, Research, and Tutorials.

**Divuligation:** The articles do not necessarily contain results of research projects themselves. This section will also include works that showcase new approaches to research subjects so as to broaden its distribution.

**Research:** The articles include research results while maintaining the focus on disclosure (divuligation), ie not necessarily with the rigor of a “paper”. This approach is intended to motivate even more to bring readers to the new topics that are studied today. Works on technological development can be considered in this category and it is recommended to have more articles related to this important task.

**Tutorials:** These include new issues, but little known. Alternatively, they may include new approaches to basic knowledge, with a didactic purpose, so that will expand knowledge and encourage its application in engineering/technological projects. Provisional Web site of the Magazine: <http://www.uaz.edu.mx/gmiram/Revista.htm>

**Format for submmision:** The work can be sent in .txt formats and graphics or pictures in .jpg format with good resolution. It will be acceptable to send a single .zip or .rar file containing both the text and figures. In the case of using word, it must be sent in .doc format without using macros (.docx format is not accepted). It will be also accepted as an OpenOffice file. It is not requested any page format, especially since the text will be brought to the format of the magazine.

The article should include:

1. Title.
2. List of authors.
3. Summary in a maximum of 200 words. The summary is used as the article description in the expanded index, and does not appear in the document body (see a previous issue as a sample).
4. Main body of document. The title of the section will be in UPPERCASE, properly spelled. Subsections must be written in lowercase with the first letter capitalized.
5. The equations should be indicated as clearly as possible, even in txt format. For example:  
$$H(\omega_1) = z^2 / (z - 0.5) \text{ where } z = e^{(j)\omega_1}$$
6. Biography of the authors. The actual job position will be included in a section “about the author” which may include a brief description of the position played or had played each author.

---

The lead author must submit the duly completed and signed form of “transfer of rights”, saying

#### EDITORIAL POLICY:

Manuscripts will undergo an editorial process in several phases. First of all the items received will be subject to a preliminary assessment by the Editorial Committee, who will determine the relevance of its publication, based on thematic requirements. In the second phase, items are sent to two external academic peers, who determine anonymously one of the following opinions: a) accept unchanged, b) accept after serving minor corrections, c) accept once it has been fully reviewed, d) reject. In case of discrepancy between the two arbitrators, the text will be sent to a third arbitrator, whose decision will define if it is accepted or rejected. The results of the opinion process are final in all cases.



UNIVERSIDAD

AUTONOMIA

DE ZACATECAS

FRANCISCO

GARCÍA

SALINAS