"El saber de mis hijos hará mi grandeza"

Año 9, Núm. 24 (Edición especial - diciembre 2016)

Revista de Investigación Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870

http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com

Recibido el 2 de agosto de 2016. **Dictamen favorable el 14 de diciembre de 2016.**

MATEMÁTICAS Y LAS POLÍTICAS PÚBLICAS

Adriana Leticia Navarro-Verdugo[1], José María Navarro Verdugo[1], Adriana María Meling Navarro[2] y Alfa Ivana Meling Navarro[3] y Alf Enrique Meling-López[4]

(1) Departamento de Física, Matemáticas e Ingeniería. Universidad de Sonora. Unidad Regional Sur. Lázaro Cárdenas 100, Col. Francisco Villa, Navojoa, Sonora, México.
adriana@navojoa.uson.mx; jnavarro@navojoa.uson.mx
(2) Cobach-Navojoa. Talamante y Sosa Chavez. Navojoa, Sonora, México.
adrianamariamn@live.com.mx
(3) Colegio Bosco. Talamante y Obregón. Navojoa, Sonora, México.
alfaivana@hotmail.com
(4) Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora. Reforma y Luis D. Colosio S/N. 83000. Sonora, México.
ameling@guayacan.uson.mx

Resumén

A pesar de que aparentemente no exista relación entre las matemáticas y las políticas públicas, en la práctica entre ambas disciplinas existen relaciones que por lo regular no son conocidas por la mayoría. En el presente trabajo se examinan algunas aplicaciones de las matemáticas hacia las políticas públicas y se describen utilizando métodos de la divulgación científica, las teorías matemáticas de percolación, juegos, redes, fractales y caos; así como, aplicaciones y posibles usos para mostrar la importancia de la aplicación de teorías y herramientas matemáticas en la toma de decisiones, solución de conflictos y el desarrollo de políticas públicas en los diferentes sectores de interés público y se estimule la investigación, desarrollo y aplicación de modelos matemáticos que permitan describir los fenómenos sociales, económicos, políticos, ecológicos, entre otros, que beneficie la mejora en las políticas públicas y su entendimiento.

Año 9, Núm. 24 (Edición especial - diciembre 2016)

Revista de Investigación Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870

http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com

Introducción

Las ciencias sociales son consideradas "ciencias blandas" ya que sus análisis no requieren, en apariencia, análisis rigurosos, mientras que la física, química o matemáticas son "ciencias duras" que capturan pocos estudiantes en las universidades porque demandan mucho tiempo de análisis y comprensión. Sin embargo, especialmente las matemáticas son de gran ayuda en la vida cotidiana ya que resuelven muchos de los problemas o interrogantes que nos planteamos constantemente, y le prestamos poca atención. Esta rama de la ciencia se ha utilizado desde hace mucho tiempo y se ha ido perfeccionando y utilizando en diversas ramas del quehacer humano, incluso en las ciencias sociales.

Mucho de la ciencia no sería entendible sin el concepto de función (f(x)), y mucho de lo cotidiano se basa en cálculos probabilísticos, por ejemplo la probabilidad de que llueva o que haga viento. Sin embargo la gran mayoría de las personas escuchan matemáticas y automáticamente cierran las posibilidades a entender o continuar con esa discusión, pero las matemáticas también son utilizadas como herramienta (Callejo de la Vega, 2000), y así como se sabe para qué se utiliza una pinza, una rama específica de las matemáticas nos puede auxiliar a resolver algún problema en apariencia sin solución, o sin relación aparente, por ejemplo cómo hacer el tránsito vehicular fluido, o que las personas se enfermen menos, o que cierto producto sea más eficiente, en fin las aplicaciones de las matemáticas tienen los límites que nosotros mismos le pongamos. ¿Qué tanto puede crecer una ciudad bajo las condiciones económicas actuales? ¿A cuánta gente se puede alimentar con el modelo alimentario actual? Los modelos matemáticos de crecimiento poblacional fueron incluidos hace más de un siglo. Malthus estimó que la población humana crecía geométricamente mientras la producción de alimento lo hacía aritméticamente; ambas curvas se distanciaban conforme pasaba el tiempo.

Thomas Robert Malthus (1766-1834) quien fuera economista, clérigo y demógrafo británico, ensayó sobre los principios del crecimiento de la población humana (1798), en el que afirmaba que la población tiende a crecer en progresión geométrica, mientras que los alimentos sólo aumentan en progresión aritmética, por lo que llegará un día en que la población será mayor que los medios de subsistencia, de no emplear medios preventivos y represivos. Posteriormente, Pierre François Verhulst (1804-1949) en 1838, derivó la ecuación logística de Malthus ($M_t=M_o e^{rt}$) para describir el crecimiento auto-limitado de una población, posteriormente se han desarrollado varias ecuaciones matemáticas para describir y hacer proyecciones sobre diferentes tipos o estados de las poblaciones. Alfred J. Lotka (1880-1949) obtuvo de nuevo la ecuación en 1925, llamándola "ley del crecimiento poblacional". Así como la determinación del tamaño de la población humana bajo ciertas características es posible hacer proyecciones y o describir las consecuencias en la toma de decisiones de aplicar (Ríos-García *et al*., 2008) o no ciertas políticas públicas para detener o satisfacer la velocidad de crecimiento de la población. La solución está en las personas que toman decisiones y, el conocimiento sobre lo que posiblemente sucedería, si las condiciones actuales permanecerían iguales, lo resuelve las matemáticas.

El campo de las matemáticas que se aplica a las políticas públicas y a otras disciplinas, tales como la psicología, la historia, la economía, entre otras se conoce como matemáticas multidisciplinares (Murillo-López, 2016.). El cambio climático global es una tendencia de las condiciones climáticas que están modificando el ambiente en el que vivimos; habrá aumento de la temperatura media anual, aumento del nivel medio del mar, derretimiento de los casquetes de hielo polar, lo que traerá como consecuencia catástrofes severas para la humanidad. ¿Qué específicamente sucederá en las diferentes localidades? Sólo los modelos matemáticos lo pueden predecir con un alto grado de probabilidad. Esto lo debieran utilizar los políticos, directivos y tomadores de decisiones para prevenir y/o contrarrestar los resultados de los posibles desastres ambientales, en los impuestos, turismo (Lagunas-Puls, 2015).

En este trabajo proponemos que el uso de las matemáticas, como herramientas simples y complejas, puede ayudarnos a visualizar posibles efectos negativos en eventos cotidianos, que a su vez pudiéramos contrarrestar sus impactos en la población si se tomaran las decisiones correctas. Por lo que el objetivo fundamental del presente trabajo es mostrar ejemplos de aplicación de las matemáticas en eventos cotidianos que parecen complicados, en los cuales podríamos controlar o disminuir sus efectos negativos.

Metodología

Se analizaron 3 casos diferentes donde se pueden tomar decisiones desde las políticas públicas en beneficio de la población, grupos vulnerables y/o grupos indígenas. Se inicia con un ejemplo de matemáticas simple de estadística descriptiva, seguido de algún examen más detallado de análisis de espectros (pixeles), hasta el análisis complejo de un caso de geles en apariencia sin relación.

Caso 1. Uso de estadística básica: análisis de regresión.

Se analizaron datos de picaduras y mordeduras de animales ponzoñosos en la población de Hermosillo, Sonora. Los datos fueron proporcionados por el Hospital

General del Estado de Sonora y muestran lesiones desde 2007 hasta 2015. Los datos sólo representan a personas que fueron al hospital por tratamiento, casos de decesos no se presentan. Se analizaron los promedios, desviación estándar y tendencias anuales de las lesiones producidas por insectos y arácnidos (artrópodos), se aplicó una regresión lineal simple ($y=a+bx$) para estimar la correspondencia ($p<0.05$) entre las lesiones y las condiciones ambientales, lo que indicaría que el aumento de las lesiones está relacionado con el aumento de la temperatura y la presencia de lluvias y por último los datos se ajustaron a un polinomio de 4to orden para analizar las tendencias mensuales de las lesiones. Las hojas de registro no mencionan la especie de artrópodo por lo que se recurrió a fichas biológicas para identificar al animal según sus características taxonómicas.

Caso 2. Análisis de Imágenes de Satélite:

Se analizaron imágenes de satélite de 1973-1983 y de 1983-1992 de la cuenca del Río Yaqui, Sonora, México. Para estimar las diferencias en la vegetación, suelo y reservorios de agua entre años, se comprueban las ausencias o disminuciones de los elementos mediante los cambios en los colores (pixeles) entre las imágenes analizadas. Para esto, se hace verificación de campo o clasificación supervisada (Figura 1); esto es, se describen los elementos que aparecen en el ambiente natural que están presentes en las imágenes satelitales; por ejemplo, los tipos de vegetación, reservorios de agua y otros recursos naturales importantes. Luego se cotejan con las imágenes. Las diferencias entre los colores son una relación entre los pixeles que emiten las imágenes y se calculan mediante un complejo algoritmo matemático.

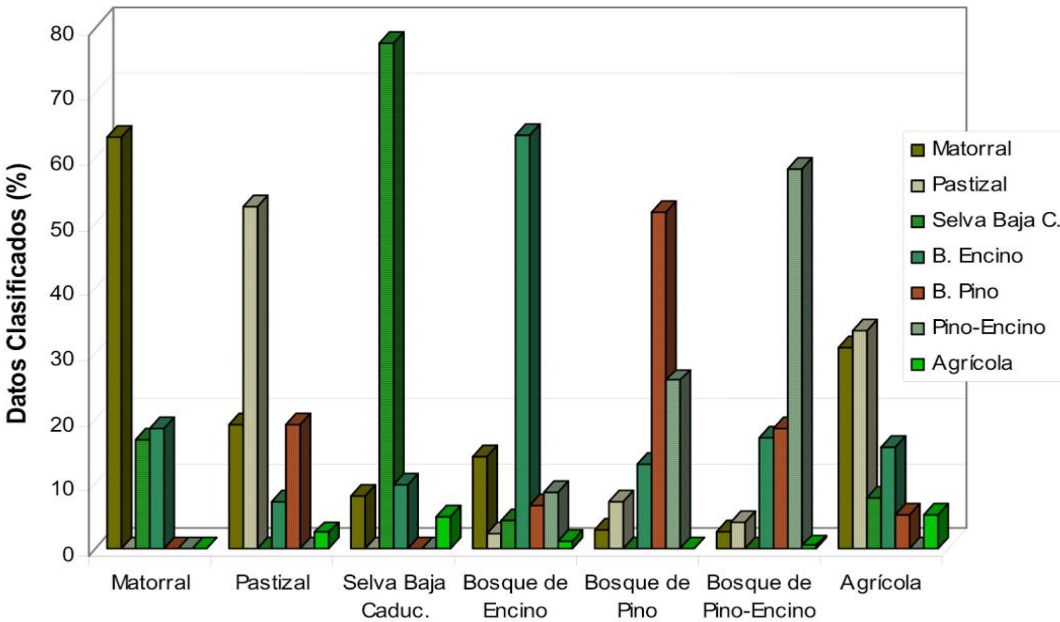

Figura 1. Porcentajes de las diferentes coberturas de vegetación. Clasificación supervisada para el análisis de pixeles.

Caso 3: Análisis de fenómenos críticos: los geles inteligentes

Los materiales inteligentes son muy comunes en la vida diaria pero son poco conocidos, su característica principal es que se pueden amoldar fácilmente a tareas específicas y/o responder adecuadamente al medio donde se le coloca. Uno de ellos son los geles, los cuales son utilizados en gran cantidad de productos que utilizamos cotidianamente. Su característica principal es que pueden aumentar considerablemente su volumen y regresar a su estado original sin pérdida de su capacidad original. En este trabajo se analizaron sus propiedades de hinchamiento y deshinchamiento, mediante la ecuación de ajuste sigmoidal de Boltzmann ($y=y_f-(y_f-y_i)/(A+e^{(x-c)/\alpha})$) que es unmodelo matemático de ajuste no lineal, que permite describir fenómenos críticos relacionado a los comportamientos de las transiciones de fases de volumen y de estado, lo que permitió establecer el momento en que un gel inteligente cambia de estado (Figura 2). Esta ecuación describe adecuadamente el comportamiento de la transición de fases de geles inteligentes, puede ser usada para identificar el punto crítico y permite determinar si se trata de un proceso continuo o discontinuo (Navarro-Verdugo *et al*., 2011).

Además, el modelo anterior posee la ventaja de que para su solución es necesario contar sólo con datos de la variación de la propiedad que se monitorea en el gel, con respecto a un estímulo, como por ejemplo variación del hinchamiento con la temperatura (ver Figura 2). Los geles inteligentes estudiados sonpolímerosque presentancambio de estado cuando son expuestos a un estímulo del medio (cambian de forma: volumen, color).

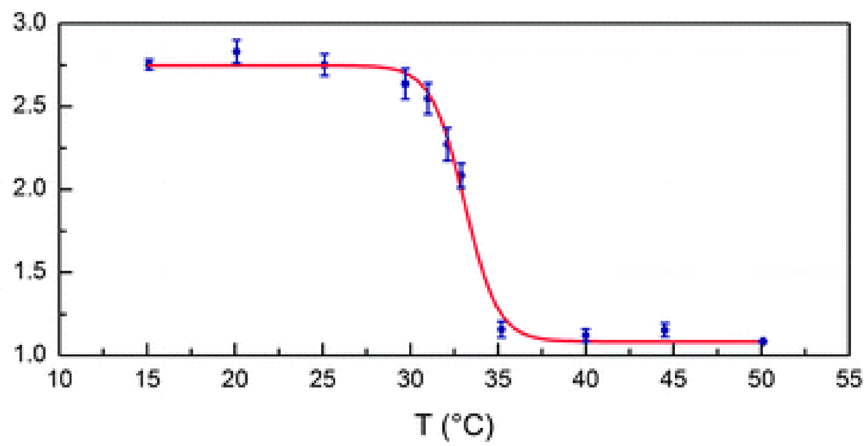

Figura 2. Transición de fase de un gel inteligente, cuando un material pasa de un estado a otro, sometido a diferentes temperaturas.

El comportamiento de los materiales inteligentes se describe matemáticamente, prediciendo tendencias de estos materiales. La ecuación puede resolverse por técnicas matemáticas no lineales convencionales para determinar el cambio de volumen en función de un estímulo en particular. Se determinan los puntos críticos de transición que son asociados al punto crítico de percolación, teoría

Año 9, Núm. 24 (Edición especial - diciembre 2016)

Revista de Investigación Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870

http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com

probabilística asociada de igual manera a la teoría de los fractales y la teoría de redes.

La teoría de la percolación (Figura 3), junto con las teorías de fractales y redes, corresponden a leyes de escala matemáticas, de la física y mecánica estadística, utilizadas para la simulación de los procesos complejos, en particular de procesos de transición en polímeros inteligentes, donde el concepto central es la probabilidad crítica que relaciona el exponente crítico de la percolación con la dimensión fractal y la probabilidad crítica de la red (Albert y Barbarási, 2002; Broadbent y Hammersley, 1957).

Resultados y discusión

El uso de las matemáticas, en cualquiera de sus estados, se puede aplicar para interpretar fenómenos naturales; obtener datos y observar sus tendencias es una rama interesante de esta disciplina que cada día es más utilizada en la toma de decisiones, y es posible que en la política pública sea de mucha ayuda, especialmente para el ahorro de recursos económicos y en salud pública. Observar tendencias de epidemias, enfermedades crónicas o de aquellas en que se gastan muchos recursos económicos para combatirlas, controlarlas o disminuir su incidencia es un tópico que al gobierno o directivos en la salud pública debiera de serles atractivo porque disminuye la presión social y hace más agradable la vida cotidiana (Arellano-Gault y Blanco, 2013).

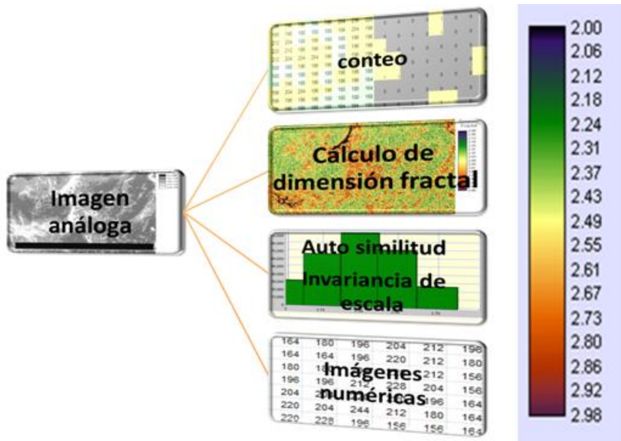

Figura 3. Algoritmo con imágenes de cómo una imagen (colores: pixeles) se puede transformar a gráficas (líneas), escalas (colores con su correspondiente valor) y valores numéricos (ecuaciones).

Entonces, monitorear datos de aquellas enfermedades o causales de problemas médicos es importante para proponer soluciones efectivas y poco costosas.

El análisis de los datos en las lesiones causadas por artrópodos venenosos en la población de Hermosillo, que resultaron de este trabajo, es un ejemplo del uso de las matemáticas en la rama de la estadística básica para entender las tendencias de estas lesiones y saber cuándo inician y aumentan. Se observa que durante todo el año se presentan lesiones, aumentan en abril que es cuando la temperatura ambiental aumenta, pero son máximas en julio y agosto durante la época de lluvia y máximas temperaturas ambientales, así mismo es la época de vacaciones. El análisis de regresión (r^2) mostró una alta correspondencia entre las variables mencionadas. La tendencia es constante durante todos los años analizados (Figura 4). Se observó que el animal que mayor relación tiene con las lesiones es el alacrán, que está presente todos los meses.

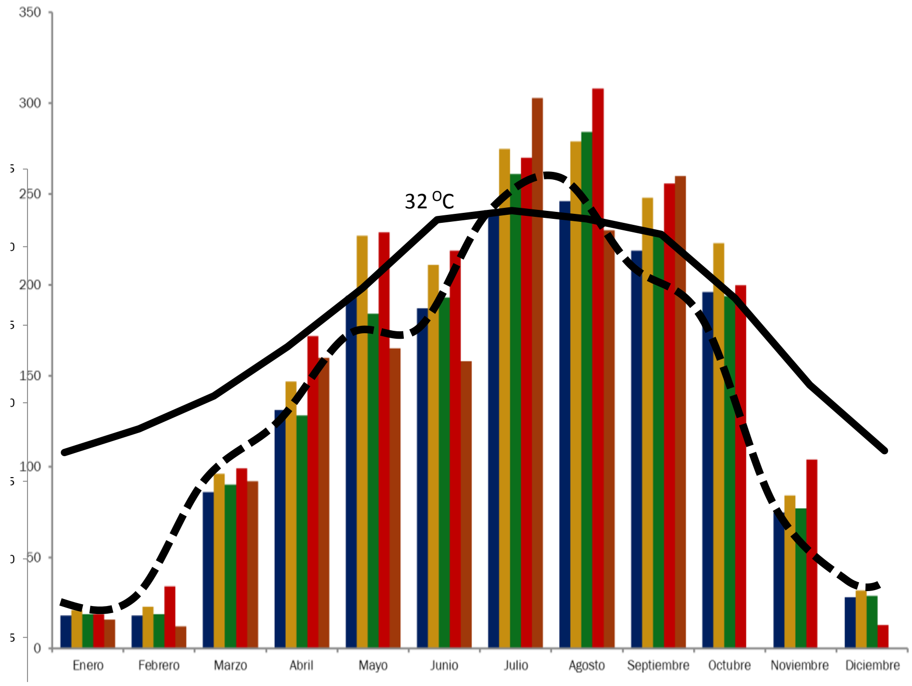

Figura 4. Las barras representan las abundanciasy la línea punteada la tendencia de lesiones causadas por artrópodos venenosos, la línea negra las temperaturas media mensualesen Hermosillo, Sonora.

Por otro lado, los resultados del análisis de imágenes de satélite de la cuenca del Río Yaqui indica que la vegetación, el agua y el suelo así como otros recursos naturales han estado disminuyendo desde 1973 (Figura 5). Por lo que es necesario utilizar la información disponible para tomar decisiones correctas e iniciar un programa de protección o de uso sustentable de esos recursos. Se está de acuerdo que las condiciones climáticas están cambiando debido a los efectos de invernadero, y las consecuencias del cambio climático serían desastrosas. Es por eso que es necesario iniciar con programas que ayuden a mitigar este efecto.

En la Tabla 1, se dan a conocer las disminuciones de la vegetación, mucho del deterioro ambiental es producto de la deforestación y otro porcentaje se debe al efecto colateral del ambiente, por ejemplo la falta de adaptación de las especies silvestres.

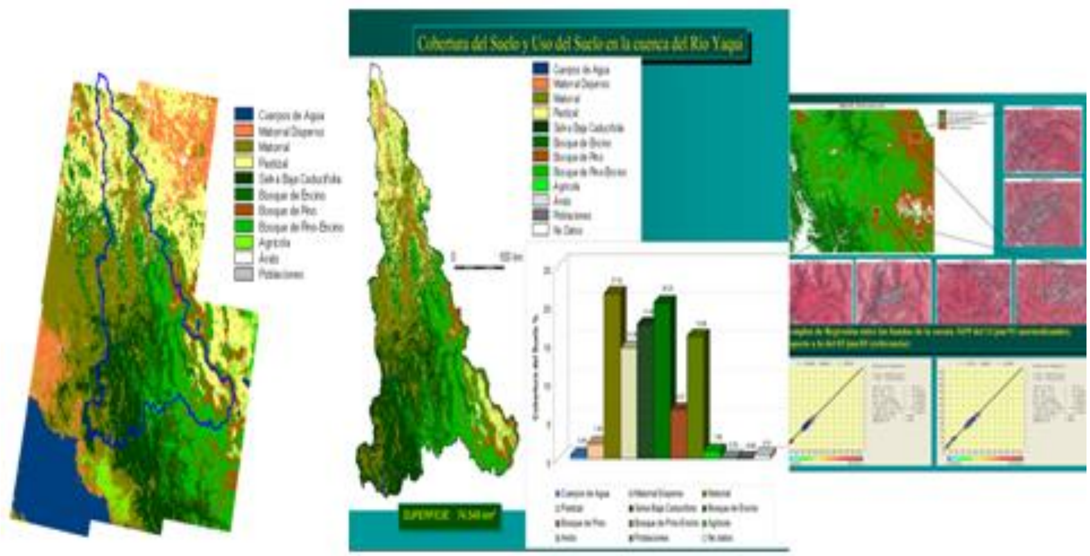

Figura 5. Forma de calcular cobertura de suelo y sus usos representan modificaciones en los pixeles y pueden corresponder con el desgaste o erosión.

DEFORESTACIÓN	1973 a 1983 16519 hectáreas	1983 a 1992 35693 hectáreas
Bosque de Encino	63.30%	39.35%
Bosque de Pino	9.46%	25.94%
Bosque de Pino-Encino	27.24%	34.71%

Tabla 1. Porcentajes de deforestación en los tipos de vegetación según las imágenes analizadas de la cuenca del Río Yaqui, Sonora, México.

Estas condiciones han afectado la calidad de vida de las personas que viven en la cuenca y dependen directa o indirectamente de las actividades productivas y de los recursos naturales de la zona, pero han disminuido considerablemente lo que

ISSN: 2007-8870

ha violentado el derecho de muchas personas. Esta información debiera ser suficiente para que en la toma de decisiones en políticas públicas pudiera ordenar el uso y/o explotación de esos recursos.

Respecto al comportamiento de un gel este tiene un umbral en el que pasa de un estado a otro, por ejemplo de duro a blando y regresar a sus estado original (Figura 6), como lo describe matemáticamente la ecuación de Boltzmann (Navarro-Verdugo *et* al., 2011), de igual forma se pueden modelar y predecir conductas de otros sistemas complejos que involucran a las personas, sus derechos y bienes, que si bien pueden tener estados estacionarios estos pueden cambiar drásticamente, debido a la alta sensibilidad ante un fenómeno de la naturaleza o incluso una política pública , que pueden desencadenader en un caos que bien pudieran ser previsibles con esta metodología matemática, dado que se "hinchan" y se "deshinchan", como un gel inteligente, por ejemplo ciudades o la población humana.

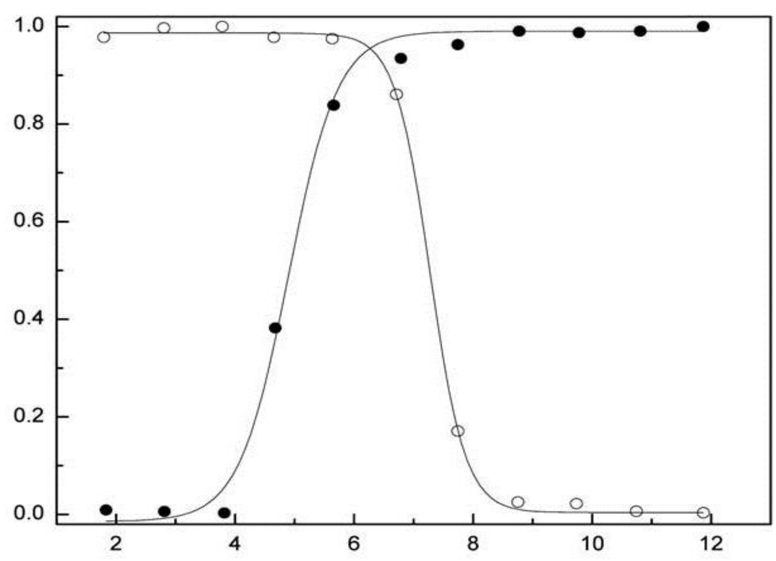

Figura 6. Gráfica de transición de fase, la fase de transición de un gel inteligente y el regreso del material inteligente a su estado original.

Cabe recordar, que la teoría de la percolación es un modelo probabilístico que surgió de las discusiones entre el ingeniero británico Simon Broadbent y el matemático John Hammersley durante la Segunda Guerra Mundial al estudiar la eficiencia de las máscaras de gases a base de carbón activado, y que concluyeron en 1957 en su famoso artículo sobre la percolación (Broadbent y Hammersley, 1957). Esta teoría se basa en un modelo estocástico simple: si se sumerge una gran piedra porosa en un exceso de agua, ¿cuál es la probabilidad de que el agua llegue al centro de la piedra? De forma similar, o por analogía, se pudieran utilizar los modelos como decisión para prevenir o localizar los puntos críticos de un fenómeno de carácter público, por un lado prevenir llegar al punto de crisis o por otro, posterior al punto crítico, asegurar un cambio de tendencia hacia la estabilidad, proveyendo a quien toma la decisión de herramientas claras para justificar la implementación de determinada política pública.

La autosimilitud de un problema, su repetitividad, su propagación y la convergencia en el punto crítico correspondiente al punto de percolación, probabilidad crítica de convergencia en una red partiendo de una imagen análoga (fotografía), o de datos estadísticos de un problema que puede ser de delictivo, de comunicación, tráfico, entre otros. Analizar la concentración de contaminantes en el agua o aire y relacionarla con ciertas conductas humanas, ya sea como prevención de salud pública o núcleos de contaminación es posible mediante el uso de datos y aplicación de la modelación matemática.

Conclusión

Es de vital importancia socializar los resultados de investigación y el uso de las matemáticas, así como también necesario que quienes deciden e implementan políticas públicas cuenten con la preparación o asesoría para el análisis y desarrollo de políticas públicas con base en análisis de datos y modelos matemáticos que impliquen las tomas de decisiones adecuadas, justificadas, imparciales, que beneficien la minimización de problemas asociados; sean políticos, sociales, económicos y/o de desarrollo de los pueblos por la falta de conocimiento de los porqué se decide tal o cuál política pública o no. ¿A quién no le gustaría saber con cuánta agua dispondría un ayuntamiento o estado antes de las lluvias de 2 ó 3 años?

La necesidad de proveer de certidumbre ante la toma de decisiones, diseño e implementación de políticas públicas; así como, de informar los motivos que las causan y los avances de la modelación matemática de fenómenos complejos es muy recomendable el trabajo de investigación trans y multidisciplinar donde se conjuguen las ciencias sociales y las matemáticas, las "ciencias blandas" y" ciencias duras" en pro del desarrollo y conservación de los pueblos y sus ecosistemas, el entendimiento de las políticas públicas y la reducción de la problemática que en ocasiones generan con su implementación.

Literatura Citada

Arellano Gault, D. y Blanco, F. 2013. Políticas públicas y democracia. Instituto Federal Electoral. México.

Albert, R. y Barbarási, A. L. 2002. Statistical mechanics of complex networks. Reviews of Modern Physics 74: 47-97.

Broadbent, S. R. y Hammersley, J. M. 1957. Percolation processes. Proc. Cambridge Philos. Soc.53: 629-645.

Callejo de la Vega, J. 2000. Educación matemática y ciudadanía: propuesta desde los derechos humanos. Cuadernos de Sociedad y Educación, No.12. Editorial Centro Cultural Poveda.

Ríos García, S., Ríos Insua, D. y Lavín J. M. 2008. Las matemáticas de la política. Rev. R. Acad. Cienc. Exact. Fís. Nat. 102(1): 115-227.

Lagunas Puls, J. 2015. Análisis fractal aplicado a la recaudación local como medida de control para las finanzas estatales. PWC-Grupo Financiero Interacciones-UNAM. www. premiounaminteraccionespwc.unam.mx.

Murillo López, B. 2016. Datos de investigación en las revistas del campo de las matemáticas aplicadas. Tesis de maestría. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica Universitat Politècnica de València. España.

Navarro-Verdugo, A. L., Goycoolea, F. M., Romero-Meléndez, G., Higuera-Ciapara, I. and Argüelles-Monal, W. 2011. A modified Boltzmann sigmoidal model for the phase transition of smart gels. Soft Matter 7: 5847-5853.