



## LÓGICA BORROSA COMO PRINCIPIO DE LA COMPLEJIDAD EN LA POTENCIALIDAD DE RECURSO EÓLICO COMO FUENTE DE ENERGÍA ALTERNATIVA EN LOS ESTADOS BARINAS Y APURE

**Autor:** Leonardo Alejandro Caraballo González (UNEFA)  
Barinas, Venezuela  
caraballoleonar@gmail.com

### RESUMEN

La energía alternativa es un tema, de interés mundial, que se fortalece con el tiempo. Ésta es considerada inagotable en la naturaleza y ambientalmente sostenible por no producir contaminación. La investigación aborda La Lógica Borrosa como principio de la complejidad. Como resultado de la investigación, se identificaron dos conjuntos borrosos: velocidad y dirección del viento, donde se evidencia como el componente de borroso incorpora y define grados de pertenencia que pudieran tener estas variables lingüísticas. Igualmente, se reconocieron dos relaciones binarias en ambos conjuntos, estas son: de orden y de equivalencia. El primero se evidencia al establecer un determinado orden en las velocidades de viento; y la segunda se presenta en los cuatro puntos cardinales Norte, Sur, Este, Oeste; ya que la dirección de viento hacia el Norte no guarda relación con la dirección hacia el Sur debido a que son dos direcciones totalmente opuestas, por lo tanto son subconjuntos disjuntos del conjunto macro definido como dirección prevaleciente de viento. Por otra parte, el componente complejo se refleja en aspectos como Dialógica, Recursividad, Hologramática e Incertidumbre.

**Palabras clave:** Lógica borrosa, complejidad, fuente de energía alternativa.

**Fecha de Recepción:** 26-06-2011

**Aceptación:** 22-07-2011



**FUZZY LOGIC AS A PRINCIPLE OF COMPLEXITY IN WIND POTENTIAL  
RESOURCE AS A SOURCE OF ALTERNATIVE ENERGY  
IN BARINAS AND APURE STATES**

**ABSTRACT**

Alternative energy is a topic of global interest which it strengthens with time. It is considered inexhaustible and environmentally sustainable in nature by not producing pollution. The research addresses Fuzzy Logic as a principle of complexity. As a result, two fuzzy sets were clearly identified: wind speed and direction, which demonstrates how fuzzy component incorporates and defines grades of membership that may have these linguistic variables. Similarly, two binary relations were recognized in both sets, these are of order and equivalence. The first one, establishes a certain order in wind speeds and the second one occurs in the four cardinal points North, South, East, West; since North wind direction is not related to South wind direction, because they are two totally opposite directions; therefore, they are two disjoint subsets of the macro-set defined as prevailing wind direction. Moreover, complex component is reflected in aspects such as Dialogic, Recursion, Hologramatic and Uncertainty.

**Key words:** Fuzzy logic, complexity, alternative energy source.

Date Received: 26-06-2011

Acceptance: 22-07-2011



## INTRODUCCIÓN

El paradigma científico por excelencia es el de simplificación, y está regido por los principios de disyunción, reducción y abstracción. Fue formulado por Descartes, quien separó el sujeto pensante y la cosa extensa, apartando la filosofía de la ciencia. Este paradigma ha permitido los enormes progresos del conocimiento científico y de la reflexión filosófica desde el siglo XVII.

La necesidad del pensamiento complejo surge a lo largo de un camino en el que aparecen los límites, las insuficiencias y las carencias del pensamiento simplificador. El pensamiento complejo intenta articular dominios disciplinarios quebrados por el pensamiento disgregador y aspira al conocimiento multidimensional. Por eso, el pensamiento complejo está animado por una tensión permanente entre la aspiración a un saber no parcelado y el reconocimiento de lo inacabado e incompleto de todo conocimiento.

Esta investigación toca algunos puntos que están íntimamente involucrados con las bases que sostienen el pensamiento complejo expuesto por Edgar Morin, abordando el problema como un todo, e hilvanando los diferentes aspectos involucrados en búsqueda de una explicación integral del objeto de estudio. Para efectos de este trabajo se considera el entramado de situaciones que envuelven todo el tejido que conforma la potencialidad de recurso eólico como fuente de energía alternativa en los estados Barinas y Apure.

Como elemento de lo complejo, se introduce la aplicación de lógica borrosa en la presente investigación. Así, a lo largo del trabajo se muestra una definición de este tipo de lógica, aunado a esto, se identificaron algunos conjuntos borrosos y relaciones borrosas. En este sentido, indica Torres E. (2009) entre las innovaciones más relevantes generadas en la década de los años '60, se puede citar, entre muchas, la teoría de conjuntos borrosos (Lofti Zadeh). Basado en la importancia que tienen los conjuntos borrosos, es que se incorpora la lógica

borrosa como principio de la complejidad en la potencialidad de recurso eólico como fuente de energía alternativa en los estados Barinas y Apure.

La investigación que se presenta a la Universidad Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre” específicamente en el programa de estudios de quinto nivel denominado Doctorado en Ciencias de la Ingeniería (mención Productividad), consiste en realizar un análisis de la potencialidad del recurso eólico como fuente de energía alternativa en los estados Barinas y Apure. Esto con la finalidad de coadyuvar y fortalecer la línea de investigación: Productividad, ya que dicha línea promueve, entre otras cosas, aspectos que contribuyan al mejoramiento del nivel de vida de la población, así como también establecer ideas de avance que impulsen el acrecentamiento sustancial de la productividad.

Asimismo, la investigación puede resultar de interés para empresas, públicas o privadas, del sector energético que deseen considerar este estudio para un análisis posterior. También, servirá como referencia para estudiantes e/o investigadores que deseen reforzar conocimientos sobre el tema o iniciar investigaciones similares en sus regiones. Además, el análisis de la potencialidad del recurso eólico como fuente de energía alternativa en los Estado Barinas y Apure redundaría, ulteriormente, en una propuesta para ayudar, de manera significativa, al suministro eléctrico convencional. Por otra parte, la divulgación del estudio ofrece, a las poblaciones de los estados seleccionados, una noción acerca del posible aprovechamiento de este valioso recurso.

## **ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

Según el enfoque de Soto (1999), “El paradigma moriniano de complejidad implica pensar en términos organizacionales, y no en términos absolutos/identitarios/reduccionistas/excluyentes. La complejidad es relación y es inclusión, ni siquiera excluye la simplificación, sino que la integra como uno de



los elementos del pensamiento complejo. Sin embargo, siendo multidimensional y englobadora, es abierta e inclausurable (complejidad es incompletitud). La complejidad es incertidumbre... es relación y apertura y en cuanto tal renuncia a un punto de vista único desde el que dominar la realidad y el conocimiento". (Pág. 480).

Posso F. (2004) en su investigación "Estudio del desarrollo de las energías alternativas en Venezuela" define la energía alternativa como "todas aquellas energías de origen no fósil y que no han participado significativamente en el mercado mundial de la energía" (Pág. 147).

González-Longatt F. et al (2006) en su trabajo "Evaluación del Recurso Eólico en Venezuela: Parte I" indica que "El conocimiento del régimen de viento es crucial para la implementación de cualquier tipo de sistema que emplee el recurso eólico. El principal parámetro descriptivo de un régimen de viento es la velocidad media anual". Esta afirmación fundamenta el criterio de conocer las velocidades de viento promedio de la región en estudio a fin de diagnosticar la potencialidad eólica de ésta.

Es necesario manejar otros factores que faciliten y fortalezcan la ejecución de la investigación. En este sentido, Salazar V. José F. (2007) en su trabajo "Diseño conceptual de un parque eólico de generación eléctrica. Caso península de Macanao. Estado Nueva Esparta, 2007" sostiene que "para determinar el potencial eólico de una región se deben tomar en cuenta la distribución de Weibull, velocidad media de vientos, densidad del aire, rosa de los vientos, y la variación del viento con la altura".

Por otra parte, "Venezuela decidió adherirse al Protocolo de Kyoto, que es un instrumento de las Naciones Unidas para combatir los efectos de Cambio Climático, problemática ambiental a escala global que tiene que ver con el incremento de las temperaturas por efecto del aumento de las emisiones de gases

de efecto invernadero y, que afectará negativamente a gran parte de las actividades socio-económicas y ecosistemas, generando mayor cantidad de problemas sociales”. Fuente: Prensa-MARN Caracas, 2004. Esta reseña indica el año de cuando Venezuela se suscribe al Protocolo de Kyoto en aras de mitigar los efectos y consecuencias que pueden acarrear los cambios climáticos en el país.

Torres, M. y otros (2008) en su trabajo titulado Método de Evaluación de la Calidad de la Información en Servicios Basada en Tratamiento Borroso, establece una serie de pasos para el desarrollo del método de evaluación de calidad de información en servicios bajo tratamiento borroso, sin embargo, para efectos de nuestro estudio sólo se consideran los siguientes aspectos:

- a. Identificar los conjuntos que representan las variables a usar.
- b. Establecer una relación binaria difusa entre los conjuntos.

## MARCO METODOLÓGICO

### Tipo de la Investigación

Según los objetivos propuestos y las actividades para efectuarlo el estudio está enmarcado en una investigación de campo. De acuerdo con La Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL, 2006) señala que el trabajo de campo es:

“El análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos en el desarrollo. Los datos de interés son recogidos directamente de la realidad, en este sentido se trata de investigaciones a partir de datos originales o primarios. Sin embargo, se aceptan también estudios sobre datos censales o muestrales no recogidos por el investigador, siempre y cuando se utilicen los registros originales con los datos no agregados; o cuando se trate de estudios que impliquen la construcción o uso de series históricas, y en general, la recolección y



organización de datos publicado para su análisis mediante procedimientos estadísticos, modelos matemáticos, econométricos o de otro tipo”. (p. 18)

En este orden de ideas, la investigación de campo consiste en recolectar datos de carácter primario, donde se observan los hechos estudiados tal y como se manifiestan en su ambiente natural sin manipular intencionalmente las variables. Además, el estudio se apoya en una investigación descriptiva ya que se enmarca en los señalamientos que Tamayo y Tamayo (1992) atribuye a la investigación descriptiva al aseverar que es “... aquella que trabaja sobre realidades de hechos y su característica fundamental es la de presentarnos una interpretación concreta de los hechos”. (p. 35).

Además, la investigación se encuentra concebida en el marco de revisión bibliográfica y documental. De acuerdo con el referenciado manual, este tipo de investigación se define como aquella que consiste en el estudio de problemas con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con apoyo, principalmente, en trabajos previos, información y datos divulgados por medio de trabajos impresos, audiovisuales o electrónicos. La originalidad del estudio se refleja en el enfoque, criterios, conceptualizaciones, reflexiones, conclusiones, recomendaciones y, en general, en el pensamiento del autor. (p. 20).

### **Diseño de la Investigación**

Desde el punto de vista epistemológico la investigación se fundamenta en tres principios del pensamiento complejo. Es dialógica, por cuanto pretende unir dos nociones que deberían excluirse entre sí en una misma realidad, que los estados Barinas y Apure son potencialmente eólicos y las presuntas bajas velocidades de viento promedio en ambas regiones. Lo dialógico permite asumir

racionalmente la inseparabilidad de nociones contradictorias para poder concebir un mismo fenómeno complejo.

De igual forma, se considera recursiva, ya que la investigación contribuye a la sociedad, para producir la humanidad. Es decir, señala una reciprocidad del productor/generador/ente pensante con lo producido. Se pone de manifiesto como la teoría de la causa y efecto, también puede ser de efecto y causa. Es importante destacar que la idea recursiva rompe con las teorías de la linealidad.

Finalmente, se considera también el principio hologramático, es decir, no sólo la parte está en el todo sino que el todo está en la parte. Para efectos de la investigación este principio se puede describir de la siguiente manera: el estudio para estimar la potencialidad de recurso eólico en los estados Barinas y Apure, se realizará en dos importantes municipios de los mencionados estados, o sea, Barinas y Páez. Estos a su vez se encuentran en Barinas y Apure como regiones estatales; y ambas se encuentran en un macro tejido que es la República Bolivariana de Venezuela.

Por otra parte, Martínez, M. (1997) señala que los paradigmas emergentes nos permitirán superar el realismo ingenuo, salir de la asfixia del reduccionismo y entrar en la lógica de una coherencia integral, sistémica y ecológica; es decir, entrar en una ciencia más universal e integradora, en una ciencia verdaderamente interdisciplinaria. (p. 23).

Uno de los elementos que ha conformado el paradigma de la complejidad es la lógica borrosa, por ende, sus conjuntos, relaciones binarias, operaciones entre otras; así, Calventus J. (2000) manifiesta en uno de sus trabajos que una de las teorías de la complejidad es la de los conjuntos borrosos o difusos, propuesto por Zadeh en 1965, como formalización matemática de un modelo lógico de lo impreciso, indeterminado, difuso, borroso.





### **Población y muestra**

El término de población es definido por Selltiz (1994), citado por Hernández R, como el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones, asimismo, desde el punto de vista estadístico una población o universo puede estar referido según Balestrini, M (2002) a cualquier conjunto de elementos de los cuales pretendemos indagar y conocer sus características, o una de ellas y para el cual serán válidas las conclusiones obtenidas en la investigación. (p.137).

Según Bisquerra (1999), la población es el conjunto de todos los elementos en los que se desea estudiar un fenómeno (p. 81). A tal efecto, la población objeto de estudio en la presente investigación estará referida al registro estadístico de las velocidades de viento promedio anual y rosa de vientos asociados a los Estados Barinas y Apure.

La muestra según Best (1961) es una pequeña proporción de una población seleccionada para el análisis. (p. 260). En este sentido, la muestra para este estudio se determinará por los períodos desde 1998 hasta 2008 de los estados Barinas y Apure.

### **Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Méndez (1995) define la recolección de datos como un proceso sistemático que amerita la aplicación de técnicas y estrategias que permiten llevar a cabo el levantamiento de la información, a fin de que sea posible determinar las necesidades existentes en nuestro objeto de estudio.

La técnica empleada para recolectar los datos se basó en el análisis interpretativo de los registros obtenidos de la muestra seleccionada para establecer las conclusiones y recomendaciones pertinentes a la investigación. En este sentido, la data interpretada fue clasificada y expresada en términos de

variable lingüística a fin de estimar el componente borroso involucrado en velocidad y dirección de vientos.

### **Procedimiento**

Se realizó una revisión bibliográfica para identificar y describir los factores que determinan la potencialidad del recurso eólico como fuente de energía alternativa. Luego, se recolectó información referente a la velocidad media y dirección del viento en los estados Barinas y Apure. La misma fue solicitada a las Estaciones Meteorológicas pertenecientes a cada estado. Dicha data fue expresada en forma de variable lingüística para visualizar y evidenciar de manera precisa y puntual la existencia de conjuntos borrosos en las variables velocidad y dirección de viento. Así, se pudieron ejemplificar los grados de pertenencia que implican velocidades y direcciones de viento en los estados Barinas y Apure.

De esta forma, se establecieron dos criterios fundamentales para la elaboración de las variables lingüísticas; éstos fueron, en cuanto a velocidad de viento se identificaron: velocidades pobres, marginales, buenas y supremas. En cuanto a la dirección de los vientos se identificaron: dirección norte, sur, este y oeste.

## **CONJUNTOS BORROSOS Y RELACIONES BORROSAS ASOCIADAS A LA INVESTIGACIÓN**

### **Conjuntos Borrosos**

Previo a los conceptos de conjuntos borrosos y relaciones borrosas se debe enunciar, brevemente, una definición de lógica difusa, a fin de facilitar el entendimiento sobre los términos empleados en esta sección del artículo. Según, Torres A. y Tranchita C. (2006) La lógica difusa se basa en los conjuntos difusos. En un conjunto difuso a cada elemento del universo se le asocia un grado de



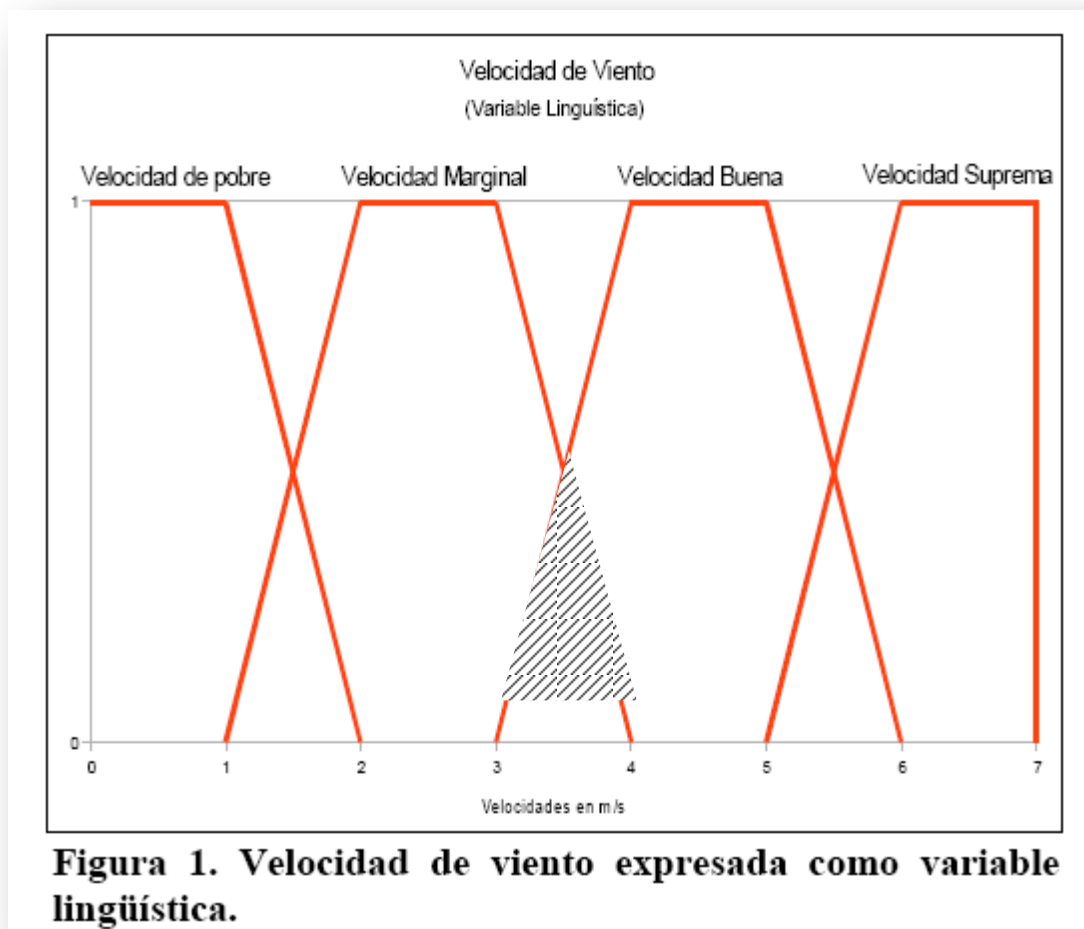
pertenencia al conjunto, en el intervalo  $[0,1]$ . En esto difieren de los conjuntos clásicos ya que la función de pertenencia en éstos sólo puede tener dos valores 1 ó 0.

En este sentido, los autores indican que, en general, la lógica difusa pretende producir resultados exactos a partir de datos imprecisos. El adjetivo difuso se debe a que los valores de verdad utilizados en ésta; generalmente, tienen una connotación de incertidumbre. Así, lo difuso puede entenderse como la posibilidad de asignar diferentes valores de verdad a los enunciados y no solamente los clásicos falso o verdadero.

En concordancia con los conceptos previos, Klir G. y Yuan B. (1995) señalan que los conjuntos borrosos se pueden definir como un grupo de elementos para el cual la pertenencia de cada uno de éstos, en el universo, se encuentra definida o determinada de forma borrosa. Así, a los elementos de dicho conjunto se les asigna un valor entre 0 y 1, y cuando se realiza esta asignación de valores se denomina grado de pertenencia.

Es de hacer notar, que una variable lingüística se utiliza para analizar y modelar sistemas. Citando a Aranguren S. y Muzachiodi S. (2003) una variable lingüística es aquella variable cuyos valores son palabras o sentencias que van a enmarcarse en un lenguaje predeterminado. Para estas variables lingüísticas se utilizó un nombre y un valor lingüístico sobre un Universo de discurso. Además, podrán dar lugar a sentencias generadas por reglas sintácticas, a las que se les adjudicó un significado mediante distintas reglas semánticas.

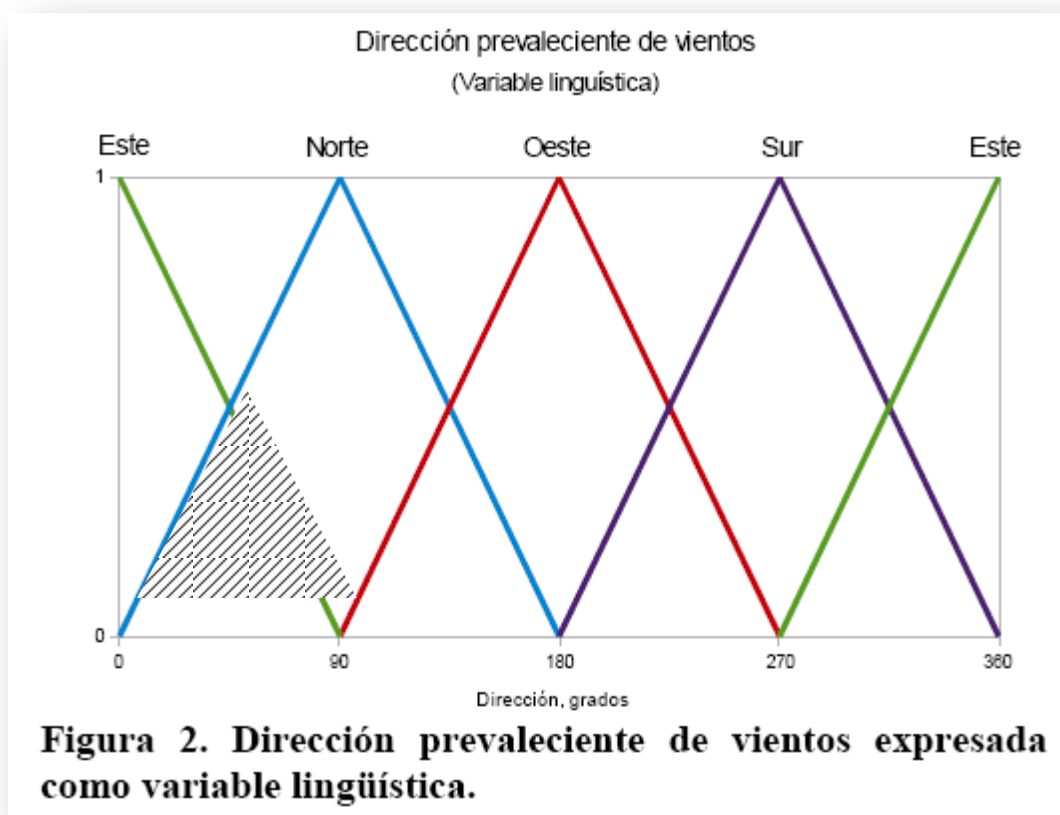
Existen dos conjuntos borrosos bien definidos e identificados que forman parte del objeto principal de estudio. Tales conjuntos son: La velocidad de viento en los Estados Barinas y Apure, e igualmente la dirección prevaleciente de los vientos. Para tales fines, se presentan las variables lingüísticas de ambos conjuntos respectivamente.



En la Figura 1 se evidencia el comportamiento borroso que sugiere la velocidad de viento en los Estados Barinas y Apure. Nótese que en la etiqueta lingüística se forman pequeños triángulos que precisan la existencia de borrosidad en el conjunto borroso definido como velocidad de viento.

En aras de ejemplificar tal condición, asumamos que el estado Barinas posee una velocidad de viento promedio de 3.5 m/s, es decir, una velocidad tal que se halla entre 3 y 4 m/s (ver triángulo rayado). Bajo esta premisa dicha velocidad se encuentra en la intersección de los subconjuntos velocidad marginal

y velocidad buena. En tal sentido, pueden surgir las siguientes interrogantes ¿la velocidad de 3.5 m/s es marginal? ¿La velocidad de 3.5 m/s es buena? Respondiendo con base a la teoría de borrosidad, no es marginal y tampoco es buena, más bien existe un grado de pertenencia de 0.5 en términos de velocidad marginal y otro grado de pertenencia de 0.5 en términos de velocidad buena.



De igual manera, en la Figura 2 se observa el comportamiento borroso que sugiere la dirección prevaleciente de viento en los Estados Barinas y Apure. Similarmente, en la etiqueta lingüística se forman pequeños triángulos que precisan la existencia de borrosidad en el conjunto borroso definido como dirección de viento.

Ahora asumamos que el estado Barinas posee una dirección de viento de 45° Noreste, es decir, una dirección tal que se halla entre 0° y 90° (ver triángulo rayado). Bajo esta premisa dicha dirección se encuentra en la intersección de los subconjuntos Este y Norte. Resulta evidente que la dirección prevaleciente no es hacia el Norte y tampoco hacia el Este. Con base a la teoría de borrosidad dicha dirección posee un grado de pertenencia de 0.5 hacia el Norte y un grado de pertenencia de 0.5 hacia el Este.

### Relaciones Binarias

Arredondo T (2009), define las relaciones binarias difusas como mapas difusos en  $X \times Y$  que mapean cada elemento en  $X \times Y$  a una sola función de pertenencia (entre 0 y 1 inclusive). Las relaciones difusas no solo pueden ser binarias si no que pueden ser generalizadas a n-variables.

Asimismo, Torres E. (2010) define lo siguiente, dados dos conjuntos nítidos  $X$  y  $Y$ , y sea  $X \times Y$  su producto cartesiano. Un conjunto borroso  $R(X, Y)$  en el universo  $X \times Y$  se denomina también una relación borrosa de  $X$  en  $Y$ . Siendo así, una relación borrosa  $R(X, Y)$  está definida por la función de pertenencia  $\mu_R$ , es decir, la función que a cada pareja ordenada  $(x, y) \in X \times Y$ , asocia su grado de pertenencia  $\mu_R(x, y)$  al conjunto borroso  $R(X, Y)$ . En forma compacta:

$$R(X, Y) = \{(x, y) | \mu_R(x, y) : (x, y) \in X \times Y\}.$$

En tal contexto, decimos que el número real  $\mu_R(x, y) \in [0, 1]$  es el grado de relación que tiene el elemento  $x$  con el elemento  $y$ . A continuación, se mencionan algunas relaciones binarias que se encuentran inmersas en el presente trabajo de investigación:



**Relación de orden:** Una relación de orden como su nombre lo indica ordena los elementos de un conjunto, en una sola cadena si es total o en varias si es parcial. La velocidad de los vientos en los Estados Barinas y Apure es un ejemplo de esto, ya que dicha velocidad se puede ordenar de la siguiente manera:

**Velocidad pobre < velocidad marginal < velocidad buena < velocidad suprema.**

En este sentido, la cota superior asociada a esta relación de orden es la velocidad suprema cuyo valor más alto se estima en 7 m/s (para el caso de Venezuela). Fuente: Dirección de Planificación y Economía de la Energía (2008)

**Relación de equivalencia:** Una relación de equivalencia R, en un conjunto A, da lugar a una partición de A, es decir, una división de A en subconjuntos disjuntos llamados clases de equivalencia. La dirección prevaleciente de viento es un ejemplo de esto, ya que ésta puede ser Norte, Sur, Este, Oeste, Noreste, Noroeste, Sureste, Suroeste. Es decir, la dirección de viento hacia el Norte no guarda relación con la dirección hacia el Sur, por lo tanto son subconjuntos disjuntos del conjunto macro definido como dirección prevaleciente de viento. Realizando un análisis similar podemos concluir que tal disyunción ocurre con las direcciones Este y Oeste.

## RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados derivados de la investigación; así, se reflejan aportes y/o contribuciones con base a los elementos canónicos del estudio, tales elementos son Lógica Borrosa y el enfoque de ésta en el marco del paradigma complejo. A continuación se describen las aportaciones emanadas de este trabajo investigativo:

La Lógica Borrosa se encuentra inmersa dentro de los principios de la complejidad ya que generó una reconstrucción de todas las matemáticas, trascendiendo la Lógica Formal; y se relaciona con el principio de incertidumbre, porque la incertidumbre es uno de los componentes más importantes de lo complejo.

En términos de Lógica Borrosa, se debe mencionar que se identificaron dos conjuntos borrosos definidos como velocidad y dirección prevaleciente de viento, evidenciándose de manera ejemplificada, como el componente de borrosidad incorpora y define los grados de pertenencia que pudieran tener las variables lingüísticas velocidad y dirección de los vientos (ver Figuras 1 y 2).

Asimismo, se reconocieron; al menos, dos relaciones binarias en ambos conjuntos, tales relaciones fueron: de orden y de equivalencia. De este modo, la relación de orden en la velocidad de vientos asociadas a Barinas y Apure se evidencia al ordenarse de la siguiente manera:

**Velocidad pobre < velocidad marginal < velocidad buena < velocidad suprema.**

Similarmente, la relación de equivalencia en la dirección de vientos se evidencia; básicamente, en los cuatro puntos cardinales Norte, Sur, Este, Oeste. Es decir, la dirección de viento hacia el Norte no guarda relación con la dirección hacia el Sur (ya que son dos direcciones totalmente opuestas derivadas del movimiento de rotación terrestre), por lo tanto son subconjuntos disjuntos del conjunto macro definido como dirección prevaleciente de viento. Realizando un análisis similar podemos concluir que tal disyunción ocurre con las direcciones Este-Oeste, y las correspondientes Noroeste, Suroeste, Noreste y Sureste.

Por otra parte, el componente de complejidad se refleja en los siguientes aspectos:





La Dialógica ya que el ente pensante produce una alteración sobre el ente material o inmaterial a fin de obtener un resultado, que propende en un nuevo conocimiento. La recursividad por cuanto contribuye a la sociedad, para producir en la humanidad. Esta idea quiebra las teorías de la linealidad; y La Hologramática ya que la parte está en el todo y el todo está en la parte; y La Incertidumbre que aliude una nueva explicación sobre interacciones entre el espíritu humano y la realidad del universo; explicación que incluye la probabilidad, la posibilidad, el azar y la necesidad.

## CONCLUSIONES

Venezuela ha sido protagonista de diversos estudios que se traducen en el aprovechamiento de las energías alternativas, principalmente en el uso de energía fotovoltaica y eólica, sin embargo, para efectos de la investigación se hace énfasis en esta última. Los proyectos en ejecución que se sirven de la energía de los vientos tienen lugar en la zona costera de Venezuela, a través de estudios de potencialidad eólica se ha determinado que estados como Zulia, Falcón, Nueva Esparta y Sucre poseen las condiciones para generar electricidad utilizando el viento como elemento principal para acometer tal fin. (Dirección de Planificación y Economía de la Energía, 2008 p.2)

Las investigaciones en relación al uso de la energía del viento para generación de electricidad, se han originado, preponderantemente, en las zonas antes señaladas, sin considerar un estudio exhaustivo en otras regiones del país como por ejemplo: Barinas y Apure. Así, la búsqueda de fuentes alternas renovables que coadyuven al suministro eléctrico convencional generó la inquietud de realizar una investigación que indague acerca de la potencialidad de recurso eólico como fuente de energía alternativa en los estados antes mencionados.

Por otra parte, desde el enfoque epistemológico la investigación se fundamenta en los principios del pensamiento complejo expuesto por Edgar Morin. Aborda el problema como un todo. Los preceptos complejos que orientan el estudio son: La Dialógica ya que el ente pensante produce una alteración sobre el ente material o inmaterial a fin de obtener un resultado, que propende en un nuevo conocimiento. La recursividad por cuanto contribuye a la sociedad, para producir en la humanidad. Esta idea quiebra las teorías de la linealidad; y La Hologramática ya que la parte está en el todo y el todo está en la parte.

Además, en correspondencia con Lozano C. y Fuentes F. (2003) la lógica borrosa es un tipo de lógica que reconoce más que simples valores verdaderos o falsos. Con lógica borrosa, las proposiciones pueden ser representadas con grados de veracidad o falsedad. La aplicación de la lógica borrosa resulta una herramienta sumamente poderosa ya que un elemento puede pertenecer a dos o más subconjuntos con distintos grados de similitud, lo que no ocurre en la lógica clásica, tal condición la hace inclusiva, inacabada, integradora características que la enmarcan dentro del paradigma complejo.

Como evidencia de lo anterior, se identificaron dos conjuntos borrosos definidos como la velocidad y la dirección prevaleciente de viento, evidenciándose, los grados de pertenencia que pudieran tener las variables velocidad y dirección de los vientos. Asimismo, se reconocieron algunas relaciones binarias en ambos conjuntos, estas fueron relación de orden y relación de equivalencia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aranguren S. y Muzachiodi S. (2003). Lógica Difusa: Implicancias del Data Mining. ASS.



- Arredondo T (2009). Introducción a la Lógica Difusa.  
<http://profesores.elo.utfsm.cl/~tarredondo/info/softcomp/Introduccion%20a%20la%20Logica%20Difusa.pdf>.
- Balestrini, M. (2002). Cómo Elaborar un Proyecto de Investigación. Caracas: BL Consultores Asociados.
- Best, J. y otros (1961). Como Investigar en Educación. Madrid, España. Ediciones Moreta.
- Bisquerra, R. (1999). Métodos de Investigación Educativa (2da Edición). España: Ediciones CEAC, S.A.
- Calventus, J. (2000). La lógica borrosa como aporte a una nueva Epistemología en ciencias sociales: una aproximación conceptual. Revista Psicología, Vol. I, Tomo II. Universidad Católica del Norte. Fac. Humanidades. Esc. Psicología. Antofagasta, Chile.
- Dirección de Planificación y Economía de la Energía (2008). “Desarrollo del Servicio Eléctrico Nacional, Fuentes Alternas Renovables y Zonas Aisladas”. Ministerio para el poder Popular de la Energía y Petróleo.
- González-Longatt F. et al (2006) Evaluación del Recurso Eólico en Venezuela: Parte I. I Congreso Petrolero Energético ASME-UNEFA, 26-28 Octubre. Puerto Cabello. Venezuela.
- Hernández R. y otros (1994). Metodología de la Investigación. México. McGraw Hill.
- Klir G. and Yuan B. (1995). Fuzzy sets and fuzzy logic: Theory and Applications. New Jersey. Prentice Hall.
- Lozano, C.; Fuentes, F. (2003) “Tratamiento borroso del intangible en la valoración de empresas de Internet”. Edición Electrónica. SBN 84-688-3416-5 No registro 6285803. 2003. 100 pp. Disponible en <http://www.eumed.net/coursecon/libreria/clgffm/index.htm>

Martínez, M. (1997). El paradigma emergente: Hacia una nueva teoría de la racionalidad científica. México. Editorial Trillas.

Méndez, C. (1995). Metodología de Investigación. Colombia: McGraw Hill.

Posso, F. (2004). Estudio del desarrollo de las energías alternativas en Venezuela. Revista ANALES, Vol. 4, N° 1, pp. 147-164.

Prensa-MARN Caracas, 2004. Disponible en <http://www.vitalis.net/actualidad136.htm> (Consulta: 20/04/2011)

Salazar V. José F. (2007) "Diseño conceptual de un parque eólico de generación eléctrica. Caso península de Macanao. Estado Nueva Esparta, 2007". Trabajo Especial de Grado no publicado a nivel de Pregrado. Universidad de Oriente.

Selltiz, C. y otros (1994). Métodos de investigación en las relaciones sociales. Madrid, España. Editorial Rialp.

Soto, M. (1999). Edgar Morin. Complejidad y Sujeto Humano. Universidad de Valladolid, Departamento de Filosofía. Versión electrónica en Biblioteca virtual Miguel de Cervantes.

[www.cervantesvirtual.com/FichaObra.html?Ref=7322&ext=pdf](http://www.cervantesvirtual.com/FichaObra.html?Ref=7322&ext=pdf), (Consulta: 17/05/2011). p. 480.

Tamayo y Tamayo, M. (1992). El proceso de la investigación científica. México. Editorial Limusa.

Torres A. y Tranchita C. (2006). ¿Inferencia y Razonamiento Probabilístico o Difuso? Revista de ingeniería. Universidad de los Andes.

Torres, E. (2009). Complejidad y postmodernidad: Dos Paradigmas Emergentes. Revista Principia, N° 32, pp. 17-32.

Torres, E. (2010). Seminario: El Método de Elementos Finitos en Ingeniería. Texto: Klir, George and Bo Yuan (1995). Fuzzy sets and fuzzy logic: theory and



applications. Prentice Hall, New Jersey. Chapter 5: Fuzzy relations, pp.119-152. Traducción, adaptación y ampliación. Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”. Doctorado en Ciencias de la Ingeniería. Mención: Productividad.

Torres, M. y otros (2008). Método de Evaluación de la Calidad de la Información en Servicios Basada en Tratamiento Borroso. Universidad, Ciencia y Tecnología. Volumen 12, N° 47, junio 2008. pp. 73-80.

Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez. (1981). Métodos y Técnicas de Estudio. Caracas, Venezuela.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador. (2006). Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestrías y Tesis Doctorales. Caracas.



**Leonardo Alejandro Caraballo González**

**e-mail:** caraballoleonar@gmail.com

Nacido en Anaco Edo. Anzoátegui, cursa estudios de Doctorado en Ciencias de la Ingeniería en la Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre (UNEXPO) Vicerrectorado Barquisimeto. Obtiene el título de Ingeniero Electricista (2004) en la Universidad Nacional Experimental de la Fuerza Armada (UNEFA) Núcleo Maracay. Master en Ingeniería de Petróleo (2008) Universidad de Houston (UH) Texas y esperando acto de grado para recibir el título de Magíster en Gerencia Empresarial de la Universidad Fermín Toro (2011) Sede Barinas.

Se desempeña como ingeniero de diseño en la Gerencia de Desarrollo Urbano en Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA) División Boyacá. Ingresó en la Industria Petrolera en el 2005, donde ha desempeñado diversas posiciones como ingeniero en la Gerencia de Desarrollo Urbano, Servicios Eléctricos, así como también en Superintendencias medulares del negocio como Operaciones y Métodos de Producción.

En 2008, paralelamente con las labores en PDVSA; ingresó, a medio tiempo, en la UNEFA Núcleo Barinas, donde se desempeñó como facilitador, a nivel de pregrado, de la cátedra de Matemáticas I y posteriormente; en 2009, asume la coordinación de la Especialización en Gerencia de Telecomunicaciones y las Maestrías en Gerencia Logística y Gerencia de las TIC's.

Con participaciones como ponente en las I Jornada Motivacional a la Investigación en Ingeniería (UNEFA Barinas), XVIII Jornadas Técnicas de Investigación y II de Postgrado en la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ) Núcleo San Carlos, VIII y IX Jornadas de Investigación de los Estudiantes y para los Estudiantes (UNELLEZ y USM respectivamente). De igual forma, publicaciones en las Memorias de las XVIII Jornadas Técnicas de Investigación y II De Postgrado (UNELLEZ), y la Revista PETROLEUM.

