

MÉTODO Y DISPOSITIVO PARA ANALIZAR LA ASIMETRÍA DE LOS ESPECTROS Y LA ENTROPÍA DE LA NIEBLA DE BOSQUES APAREADOS

5

CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION

La presente divulgación se refiere a un dispositivo para determinar la asimetría de los espectros y de la entropía de la niebla de bosques apareados. La divulgación se refiere además a métodos para realizar el proceso.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15

Un bosque de niebla o bosque nuboso es un tipo de bosque húmedo de montaña subtropical o tropical que se caracteriza por una gran densidad de niebla en la superficie, normalmente sobre el dosel arbóreo (dosel forestal o canopea).

20

Además, estos bosques se agrupan dentro de la pluvisilva o selva lluviosa. Los bosques de niebla, también denominados bosques nublados tropicales, son hábitats que se encuentran en las zonas montañosas intertropicales y que se caracterizan por unos altos niveles de pluviosidad, humedad, neblina, nieblas y altas temperaturas durante todo el año.

25

Estos ecosistemas son en realidad muy vulnerables y están formados por una densa comunidad de árboles, constituidos por plantas de origen templado y tropical, con predominio de la flora tropical. Un tipo de planta que es muy abundante en estos ecosistemas son las orquídeas y los helechos. Dado que estos bosques se desarrollan en zonas cargadas de rocío o de nubes al nivel de la flora, se reduce el grado de exposición al sol y por tanto la evaporación del agua.

30

Por lo general los árboles que crecen en estos bosques poseen raíces más superficiales, más cortas y pesadas que los árboles que crecen en zonas de menor altitud y la humedad ambiental favorece el desarrollo de epifitas vasculares. El hecho de requerir una elevada humedad y grandes cantidades de precipitaciones, estos ecosistemas se vuelven altamente vulnerables a los cambios climáticos regionales que provocan, entre otros factores, la deforestación y la tala masiva sin control.

35

Las zonas donde se encuentran estos bosques no tienen una estación seca, aunque la cantidad de pluviosidad puede disminuir durante parte del año, pero manteniendo un nivel elevado de humedad. En estos bosques, los suelos se cubren de gran diversidad de musgos y helechos y suelen ser de naturaleza pantanosa, con predominio de turba y humus. También abundan las flores del tipo de las orquídeas. Las nubes son las que aportan la neblina y la niebla, la humedad y las lluvias, que se condensan en las hojas y caen al suelo en forma de gotas. Por esto, a veces se los denomina bosques musgosos, yunga, bosques mesófilos o laurisilva. Poseen una alta biodiversidad y una elevada cantidad de endemismos, entre los que se encuentran especies de plantas, aves, orquídeas, mamíferos, mariposas y mamíferos, además de especies frutícolas y medicinales nativas.

Los bosques nubosos o de niebla, se pueden encontrar en gran parte de las zonas intertropicales, como Centroamérica, África, Asia y Suramérica. En América del Sur, podemos encontrar bosques de niebla en Ecuador y Perú, donde son conocidos como bosques nublados. También existen algunos en Colombia, Brasil, Bolivia, Venezuela y en las provincias de Tucumán, Salta o Jujuy en Argentina. Por ejemplo, algunos de los bosques de niebla de Colombia más conocidos son los que hay en la región de Cundinamarca.

En términos de biodiversidad, los bosques de niebla son ecosistemas prioritarios a escala mundial, debido a la riqueza de especies de fauna y flora, algunas de ellas endémicas, en especial de plantas epífitas, vasculares y no vasculares, grupos de aves, anfibios e invertebrados y por el gran número de especies amenazadas o vulnerables en su interior. Pese a su importancia, en Colombia se ha perdido gran área de bosques de niebla debido al crecimiento poblacional, la deforestación y los cultivos agrícolas, pero no hay cifras exactas al respecto.

Algunos académicos, han realizado investigaciones sobre estos bosques, no existe un acuerdo en los diferentes estudios sobre su extensión exacta en el país. Las cifras oscilan entre los 26.000 y 49.515 kilómetros. El mapa general de ecosistemas de Colombia mostró una extensión de 34.261.2 kilómetros en 1998. Un estudio del Humboldt del año 2007 estableció que en 80 municipios, ubicados en 19 departamentos de Colombia, existen bosques de niebla. Estos ecosistemas son unas de las joyas más valiosas que

tiene Colombia. Se extienden sobre la Cordillera de los Andes, la Sierra Nevada de Santa Marta e, incluso, la soledad del desierto de La Guajira. En las cuencas del Cauca y el Magdalena están severamente diezmados. Los bosques de niebla se forman cuando las nubes cargadas de humedad chocan contra las empinadas montañas y envuelven con su blancura toda la selva.

Al entrar en contacto con la vegetación, las nubes descargan sus diminutas gotas sobre las plantas, aportando de esta manera hasta el 40% del agua disponible para ellas en un determinado lugar. Este fenómeno se produce entre los 1.500 y los 3.200 metros de elevación sobre el nivel del mar, aunque en algunos sitios, como en la Sierra Nevada del Cocuy, los bosques nublados suben hasta 4.000 metros, mientras en la Cordillera Occidental descienden hasta 1.200 metros.

Aunque menos restringidos que los páramos, los bosques de niebla son también un ecosistema escaso en el planeta. En Colombia los bosques de neblina cubren apenas una pequeñísima área del país, pero, al igual que los páramos que están por encima de ellos, son inmensos reservorios de agua, auténticas fuentes hídricas, pues el denso manto de musgos que recubre la vegetación en estas selvas es una gran esponja viva que acumula una cantidad de agua hasta 300 veces superior a su propio peso.

De hecho, dos de los ríos más caudalosos del país, el Atrato y el San Juan, no nacen en páramos sino en bosques de niebla. Nuestras mayores extensiones de selva nublada están en las tres cordilleras de los Andes y en la Sierra Nevada de Santa Marta, aunque hay bosques de niebla a menor elevación en otras montañas aisladas, como la serranía del Darién, que marca la frontera con Panamá, y la serranía de Macuira, un oasis de verdor y neblina en medio del desierto de La Guajira.

Nuestros bosques de niebla incluyen, entre muchos otros, los espectaculares parches de palma de cera del Quindío en la Cordillera Central y los extensos robledales de la Cordillera Oriental. Al igual que los páramos, los bosques de niebla se han visto afectados por la intervención humana y son uno de los ecosistemas más devastados del país. Las mayores extensiones sobreviven en las vertientes del Pacífico y de la Amazonia y en las laderas de la Sierra Nevada de Santa Marta que miran hacia el Caribe. En cambio, en las cuencas del Cauca y el Magdalena, donde habita el 80% de la población del país, los bosques de niebla han sido severamente diezmados. En muchos casos su destrucción

lleva al establecimiento de auténticos “potreros de niebla”, pantanosos y poco productivos, pues la elevada precipitación se lleva en pocos años los nutrientes que el bosque mantenía en perpetuo reciclaje.

- 5 Al quedar sin bosque, estas áreas terminan fuertemente erosionadas y pierden su función como reguladoras del agua, llevando a la rápida sedimentación de los cauces y a inundaciones severas y fuertes sequías, como las que hemos visto en años recientes.

- 10 Por fortuna, casi la tercera parte de las áreas de nuestro Sistema de Parques Nacionales Naturales protege bosques de niebla, al menos en el papel. Las más importantes incluyen los parques nacionales Paramillo, Las Orquídeas, Tatamá, Farallones de Cali y Munchique, en la Cordillera Occidental; Los Nevados y Las Hermosas, en la Cordillera Central; Tamá, Los Yariguíes, Cocuy, Pisba, Cueva de los Guácharos y Alto Fragua Indi Wasi en la Cordillera Oriental, y Sierra Nevada de Santa Marta y Macuira en el Caribe.
- 15 Además, numerosas reservas privadas conservan fragmentos pequeños pero representativos de estos bosques.

- La conservación efectiva de nuestros bosques de niebla representa una interesante perspectiva para el posconflicto, ya que muchos de ellos han sido escenario de la guerra.
- 20 El turismo bien planeado y cuidadosamente ejecutado ofrecerá una interesante alternativa para la conservación de este ecosistema, a la vez que sensibiliza a los visitantes sobre su belleza y su importancia para el desarrollo del país y para la conservación de su riqueza biológica.

- 25 Dentro del estado de la técnica se encuentran pocas publicaciones que abordan este problema, por ejemplo **JP2004170350** divulga un aparato para observar una nube o similar desde un punto arbitrario, que tiene un ángulo de visión predeterminado desde el punto, recibe medios receptores de luz para recibir luz del objetivo de observación y utiliza una señal obtenida de los medios receptores de luz, un aparato de observación
- 30 que comprende: una unidad aritmética para calcular la información de temperatura de un objetivo de observación.

- De acuerdo a lo anterior, se observa que las soluciones existentes en el estado de la técnica son deficientes en lo que se refiere al cálculo de la asimetría de los espectros y
- 35 de la entropía de la niebla de bosques apareados. Por lo tanto, existe la necesidad de

con los analizadores de asimetría de la curtosis de ambos espectros. El primer bosque se toma como referencia en atención a su antigüedad y adecuada protección por los medios dedicados a este fin. El segundo bosque sería el discípulo del primer bosque el cual se toma como lo deseado o el paradigma. El modelo de asimetría de los espectros de niebla de bosques apareados puede convertirse en una nueva herramienta en la gestión del agua y así afinar nuestra comprensión de los procesos de bosques de niebla y su conservación y perseverancia.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

A continuación se describen las figuras que componen la invención.

La figura 1, muestra el circuito esquemático del dispositivo (100) analizador de niebla.

La figura 2, muestra en método (200) de aplicación del dispositivo analizador de niebla.

La figura 3, muestra el resultado del experimento 1.

La figura 4, muestra el resultado del experimento 2.

La figura 5, muestra el resultado del experimento 3.

La figura 6, muestra el resultado del experimento 4.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente divulgación se refiere a un dispositivo (100), de acuerdo con la figura 1 en donde la niebla (1) consiste en gotitas de agua líquida suspendidas en el aire cerca de la superficie de la tierra. Las gotas se forman cuando el vapor de agua se condensa en partículas que sirven como núcleos de condensación. Esto puede ocurrir en respuesta a una disminución en la temperatura del aire y disminución asociada en la presión de vapor de saturación o también como resultado de la adición de humedad y el aumento asociado en presión de vapor, o cualquier mecanismo puede conducir a la saturación y formación de gotitas. El dispositivo (100) presenta dos circuitos: el primer circuito formado por el led policromático (2), el fotodiodo (3) y el amplificador (4) adquieren la información

suficiente para crear una serie de tiempo y a esta serie de tiempo aplicarle la transformada rápida Fourier (FFT) para conseguir el espectro al cual se le calcula la asimetría de la curtosis de la niebla. El segundo circuito formado por la fuente de corriente (6), el alambre de tungsteno (7) y el amplificador (10) adquieren información

5 suficiente para crear otras serie de tiempo a la cual se le aplica la entropía de múltiple escala obteniéndose la entropía en escala 10 y en unidades de nat. Gracias entonces al procesamiento del espectro de la niebla y a la entropía de la niebla se determina la complejidad del bosque de acuerdo a la fórmula.

Gracias a que las gotas de niebla dispersan la luz de manera efectiva, los métodos

10 ópticos se han utilizado para la detección de niebla pues permiten su paso. Cuando las gotitas de niebla están presentes en el volumen de detección, la luz es dispersada hacia el receptor que genera una señal que se demodula mediante una unidad de cómputo (14).

15 El diodo policromático (2) usado en esta patente emite luz en una banda estrecha de longitudes de onda desde el infrarrojo cercano hasta el espectro visible y el ultravioleta. Los chips LED de los colores primarios se apilan físicamente uno encima del otro. La luz emitida por cada capa de la pila pasa entre sí y, por lo tanto, se mezcla naturalmente sin óptica adicional. De esta forma el led policromático es un dispositivo de color

20 ajustable y se puede generar así una amplia gama de colores, lo que lo hace adecuado para explorar la absorción de la niebla en un ancho de banda suficiente para los fines deseados en esta invención.

Las diferentes longitudes de onda son detectadas por el fotodiodo (3). El fotodiodo

25 empleado en esta invención es una unión PN, sensible a la diversidad de longitudes de onda emitidas por el led policromático (2). Para que su funcionamiento sea correcto se polariza inversamente, con lo que se producirá una cierta circulación de corriente cuando sea excitado por la luz. Por lo tanto el fotodiodo polarizado en la forma mostrada en el esquema se comporta como célula fotovoltaica, es decir, iluminado en ausencia de una

30 fuente exterior de energía genera una corriente muy pequeña del orden de 10 microamperios de entrada al amplificador de transresistencia (4).

De esta forma, la salida del fotodiodo (3) se conecta con un amplificador de transresistencia (4) polarizado por el resistor (5) de 100 ohmios el cual define la

35 ganancia de transresistencia calculada en 100 ohmios. También se le llama convertidor

de voltaje a corriente o convertidor de V a I. Se llama transresistencia porque la ganancia del amplificador se mide en unidades de resistencia. El amplificador de transresistencia OP07 utilizado en esta patente de invención responde en aplicaciones de ancho de banda y alta ganancia. Entonces el amplificador de transresistencia convierte la corriente generada por el fotodiodo (3) en una salida de voltaje la cual se conecta a la entrada/salida análoga (13) de la unidad de cómputo (14) para su posterior digitalización. La señal análoga en el puerto de entrada se digitaliza creándose una serie de tiempo a la cual la unidad de cómputo le aplica la transformada rápida de Fourier FFT obteniéndose en esta forma el espectro de la niebla como respuesta a las diferentes longitudes de onda. La unidad de cómputo continua el proceso y calcula la asimetría de la curtosis del espectro de la niebla mediante un conjunto de instrucciones que reside en la memoria de la unidad de cómputo.

Para lograr esto se dispone de una matriz de voltaje versus longitud de onda, la cual es usada por la unidad de cómputo para obtener los resultados deseados. La neblina es un coctel de moléculas que vuelan y chocan entre sí. Se puede pensar en moléculas como bolas de billar: cuando chocan entre sí, se empujan y buscan ocupar todos los puestos. La entropía mide la probabilidad de que todas las posibles posiciones sean ocupadas.

Así y en forma paralela se dispone de un sensor de entropía de la niebla (formado por un alambre de tungsteno) caliente (7) y polarizado por una fuente de corriente constante de 10 miliamperios (6) la cual fluye a través de un resistor (7) de valor 100 ohmios. El sensor de entropía (un alambre de tungsteno) se calienta a una temperatura del orden de 70°C con el fin de que sea sensible a la presencia de gotas de niebla. Cuando no hay niebla la temperatura se mantiene en 70°C. Cuando una gótica de niebla toca el alambre la temperatura de este baja a 30°C. Este cambio de temperatura origina un cambio de voltaje en la forma de pulso, el cual se lleva al amplificador no inversor (10).

La salida del alambre caliente se lleva al amplificador no inversor (10) con una ganancia de 100 a través de un filtro pasaaltos con una frecuencia de corte de 30 hercios construido por la red RC (8) y (9). La ganancia del amplificador (10) se define por los valores de los resistores (11) y (12) con valores de 1M ohmio y 10 K ohmios. La salida amplificada por el amplificador no inversor (10) se traslada al puerto de entrada/salida análogo (13) de la unidad de cómputo (14).

A continuación, la unidad de cómputo digitaliza la entrada de la señal procedente del amplificador (10) y crea una serie de tiempo a la cual se le aplica el programa MSE.

Luego, la unidad de cómputo obtiene el valor de la entropía S de las gotas de niebla mediante un programa residente en memoria y llamado MSE (entropía de múltiple escala). Finalmente, la unidad de cómputo aplica la fórmula de complejidad para calificar la salud del bosque de niebla.

En forma similar el resultado final de la asimetría del segundo bosque. La siguiente ecuación ilustra lo anterior para ambos bosques de niebla.

$$C_B = S / A_k$$

Donde C_B Es la Complejidad de la niebla del bosque
 S es la entropía en nats de la niebla
 A_k es la asimetría del espectro

Adicionalmente, la niebla (1) permite el paso de las diferentes longitudes de onda emitidas por el diodo led poli- cromático (2) y son detectadas por el fotodiodo (3). La salida del fotodiodo (3) se conecta con un amplificador de transresistencia (4) polarizado por el resistor (5).

La salida del amplificador de transresistencia se conecta con la entrada análoga (13) de la unidad de cómputo (14). La unidad de cómputo (14) polariza al diodo emisor de luz policromático (2) mediante una rampa de voltaje entre 0 y 5 voltios siendo manejada por una librería de Phyton. Cada longitud de onda es creada por su voltaje respectivo. Al combinar la entropía de la niebla etiquetada como S y unidades en nats y la asimetría de la curtosis del espectro de la niebla etiquetada como A_k adimensional se crea una nueva ecuación para evaluar la salud del bosque de niebla apareciendo una figura nueva que llamamos complejidad de la niebla del bosque así:

$$C_B = S / A_k$$

El resultado de la complejidad del bosque de niebla se interpreta así: Un valor elevado, por ejemplo, mayor a 2 nats indica una buena salud del bosque de niebla, mientras un valor más bajo mostraría riesgo de pérdida del bosque de niebla. La unidad de cómputo

(14) con capacidad de comunicación de datos mediante la antena (15) puede hacer parte de la red de internet de las cosas. La energía eléctrica para el funcionamiento del dispositivo la provee un panel de energía solar (16).

5 El método (200) de acuerdo con la figura 2 para analizar la asimetría de los espectros y de la entropía de la niebla de bosques apareados caracterizado por las etapas de iniciar la unidad de cómputo (201) y cargar el conjunto de instrucciones para calcular Pniebla (202); Polarizar (203) con la unidad de cómputo el led policromático (2); Leer con la unidad de cómputo la salida del amplificador (4) (204) que corresponde a la magnitud
10 de la niebla; Apagar (205) el diodo Led (2) con la unidad de cómputo (14); Leer con la unidad de cómputo la salida amplificada del sensor de entropía (206) presente en el pin de salida del amplificador (10); Calcular (207) con la unidad de cómputo la complejidad de la niebla del bosque a partir de la siguiente ecuación:

$$CB= S/A_k$$

15

Emitir (208) a través de la red IoT y la unidad de cómputo el valor de complejidad de la niebla del bosque e Informar (209) a los usuarios de la aplicación la salud del bosque por una red de internet de las cosas a través de las alarmas positivas y/o negativas.

20

EJEMPLOS

A continuación, se muestran los ejemplos llevados a cabo para determinar el conjunto de instrucciones que ejecutara el procesador.

25

EJEMPLO 1

De acuerdo con la figura 3, que corresponde a la medición de agua de la llave para comparar la asimetría de la curtosis de los espectros y la entropía de múltiple escala de
30 la niebla en laboratorio. Para el presente experimento, a nivel de laboratorio se creó niebla en cuatro momentos diferentes y luego se analizaron por separado así:

EJEMPLO 1: Asimetría obtenida $A_k = 31.8 \%$

35

TABLA 1. Valores en decibels para ambos lados del espectro

IZQ	DER
-31.181.557	-32.299.103
-32.970.005	-33.104.939
-32.111.217	-32.191.319
-28.306.555	-31.265.728
-29.352.703	-34.158.142
-31.483.009	-33.400.551
-33.152.527	-28.260.666
-30.292.109	-28.640.102
-28.610.373	-33.188.251
-29.515.774	-39.211.155
-29.076.998	-32.026.066
-32.100.174	-28.451.355
-38.645.145	-30.131.372
-33.489.471	-30.481.276
-27.704.727	-33.310.482
-30.690.710	-34.021.828
-33.375.824	-31.851.883
-28.024.031	-34.524.590
-28.851.683	-44.823.288
-27.546.972	-35.594.288

CURTOSIS IZQ	2,181781124
CURTOSIS DER	4,217719913
ASIMETRÍA DE LA CURTOSIS DEL ESPECTRO: 31,814024%	
VALOR APROXIMADO EN %: 31.81%	

En la tabla 1, se muestran los valores en decibeles para ambos lados del espectro, es decir lado derecho de la frecuencia dominante y lado izquierdo de la frecuencia dominante.

5

EJEMPLO 2, de acuerdo con la figura 4, que corresponde a agua de la llave con jabón, y arroja una asimetría de la curtosis del espectro $A_K = 19.3 \%$

Tabla 2. Valores en decibeles para ambos lados del espectro

IZQ	DER
-40.259.022	-32.804.932
-43.764.706	-27.390.768
-46.888.130	-24.453.690
-31.429.007	-30.270.967
-30.647.999	-48.609.825
-30.953.320	-28.752.758
-42.862.621	-42.905.151
-36.945.824	-24.106.529
-31.013.565	-24.134.165
-30.583.797	-29.783.644
-23.061.628	-42.069.908
-28.608.873	-42.559.296
-30.536.171	-31.059.290
-31.894.255	-28.845.062
-31.232.679	-23.892.670
-43.900.745	-24.904.274
-27.031.004	-28.302.797
-24.938.627	-32.910.530
-34.295.555	-39.648.056
-31.344.612	-40.237.251

CURTOSIS IZQ	-0,46850061
CURTOSIS DER: -	-0,69298848
ASIMETRÍA DE LA CURTOSIS DEL ESPECTRO: 19,327592%	
VALOR APROXIMADO EN %: 19.33%	

La tabla 2 muestra los valores en decibeles para ambos lados del espectro, es decir lado
5 derecho de la frecuencia dominante y lado izquierdo de la frecuencia dominante.

EJEMPLO 3, de acuerdo con la figura 5 que corresponde a agua de la llave con sal y
arroja una a simetría de la curtosis del espectro $A_k = 20.1\%$

Tabla 3. Valores en decibeles para ambos lados del espectro

IZQ	DER
-30.318.001	-29.968.563
-27.910.408	-31.254.169
-30.184.622	-31.821.613
-28.589.668	-31.702.280
-27.629.669	-31.810.778
-26.824.436	-27.285.814
-26.506.647	-28.390.478
-33.166.843	-31.228.443
-27.808.455	-35.035.522
-29.469.217	-30.751.413
-32.537.651	-27.649.603
-29.233.179	-25.340.961
-27.598.181	-24.227.140
-25.053.354	-26.454.763
-28.621.552	-30.453.499
-27.725.513	-33.564.152
-33.485.748	-31.581.326
-33.334.919	-27.807.570
-27.200.974	-27.337.414
-28.345.381	-36.691.540

CURTOSIS IZQ	-0,35631837
CURTOSIS DER	-0,23683833
ASIMETRÍA DE LA CURTOSIS DEL ESPECTRO: 20,1430818%	
VALOR APROXIMADO EN %: 20.14%	

En la Tabla 3, se muestran los valores en decibeles para ambos lados del espectro, es decir lado derecho de la frecuencia dominante y lado izquierdo de la frecuencia dominante.

EJEMPLO 4, de acuerdo con la figura 6 que corresponde a agua de la llave con químico y arroja una asimetría de la curtosis del espectro $A_K = 187\%$

Tabla 4. Valores en decibeles para ambos lados del espectro

IZQ	DER
-29.239.889	-29.124.678
-28.773.146	-28.472.200
-30.143.744	-28.277.624
-28.440.893	-25.632.103
-26.910.400	-25.225.954
-29.539.751	-29.794.399
-34.864.403	-41.203.686
-30.197.235	-37.654.182
-29.604.441	-34.407.551
-32.166.985	-37.287.502
-31.674.126	-40.260.323
-32.784.088	-33.625.652
-34.523.418	-29.044.378
-29.816.853	-27.161.169
-30.356.663	-30.843.227
-39.228.905	-37.852.253
-29.967.234	-36.378.651
-29.275.391	-35.203.568
-30.202.374	-33.274.487
-29.654.497	-32.826.141

5

CURTOSIS IZQ	3,499793595
CURTOSIS DER	-1,06123035
ASIMETRÍA DE LA CURTOSIS DEL ESPECTRO: 187,037345%	
VALOR APROXIMADO EN %:187.04%	

La Tabla 4, muestra los valores en decibeles para ambos lados del espectro, es decir lado derecho de la frecuencia dominante y lado izquierdo de la frecuencia dominante.

En la siguiente tabla se muestra el consolidado de los valores de asimetría de la curtosis de los espectros obtenidos en cada ejemplo así:

Tabla 5. Valores de asimetría de la curtosis

EXPERIMENTO	VALOR ASIMETRÍA DE LA CURTOSIS
1	0.31
2	0.19
3	0.20
4	1.87

5

La tabla anterior permite visualizar los valores de asimetría de la curtosis de cada ejemplo realizado.

10 Para estos ejemplos se escogió la escala 10 de la entropía de múltiple escala como punto base para el respectivo análisis, En la siguiente tabla se muestra el consolidado de los valores de Entropía Multiescala (MSE) obtenidos en cada experimento así:

Tabla 6. Valores de entropía multiescala (MSE)

EJEMPLO	VALOR ENTROPÍA DE LA NIEBLA EN NATS
1	0.27316934
2	0.1666667
3	0.290599364
4	0.152151202

15 La tabla anterior permite visualizar los valores de entropía multiescala (MSE) de cada ejemplo realizado. Resultados expresados como complejidad de la niebla usando la ecuación: $C_n = S/A_k$

Tabla 7. Valores de complejidad de la niebla del bosque

EJEMPLO	A_k	C_B	S
1	0.31	0.87	0.27

2	0.19	0.84	0.16
3	0.20	1.45	0.29
4	1.87	0.08	0.15

La tabla anterior permite visualizar los valores de complejidad de la niebla para los cuatro ejemplos realizados. El ejemplo 3 muestra el valor mayor de complejidad y podría simular al bosque de referencia con mayor salud y valor $CB = 1.45$ nats. Los ejemplos (1,2 y 3) muestran valores menores de complejidad y podría simular a los bosques en recuperación.

Con la presente invención se pretende establecer un rango para la complejidad de la niebla, $CB > 2$ nats. Al realizar la comparación entre el bosque referencia contra los bosques en recuperación se pueden crear alarmas que conlleven a un mapa de riesgos establecido donde se establezca la forma de mitigar y tomar las acciones correctivas

1. Permite evaluar en tiempo real la complejidad de la niebla de los bosques de niebla, facilitando su recuperación y conservación. Esto según nuestro conocimiento es nuevo.

2. Se introduce por primera vez la entropía de múltiple escala como indicador de la salud del bosque de niebla.

3. Se crea una nueva ecuación: $C_B = S/A_k$

4. La nueva figura matemática que llamamos COMPLEJIDAD, introduce una mirada adicional a la conservación de los bosques de niebla y su unidad es en nat. Es importante tener en cuenta el tamaño del bosque, para determinar cuantos sensores por metro cuadrado deben instalarse, con el fin de tener un mapa completo del bosque de la complejidad de la niebla y así poder obtener los resultados esperados