



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
VICERRECTORADO ACADÉMICO
DIRECCIÓN GENERAL DE LOS ESTUDIOS DE POSTGRADO
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA
POSTGRADO EN INGENIERÍA AMBIENTAL

TRABAJO DE GRADO DE MAESTRÍA

**PROPUESTA DE UNA FUNCIÓN DE TRANSFORMACIÓN PARA
EVALUAR IMPACTOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON
DIVERSIDAD DE ESPECIES.**

Presentado por
Guitian Hernández, Daniel

Para optar al Título de
Magister en Ingeniería Ambiental

Asesor
Benítez, Joaquín.

Caracas, Diciembre de 2017



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
VICERRECTORADO ACADÉMICO
DIRECCIÓN GENERAL DE LOS ESTUDIOS DE POSTGRADO
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA
POSTGRADO EN INGENIERÍA AMBIENTAL

Por medio de la presente informo que el Trabajo de Grado de Maestría, titulado: **PROPUESTA DE UNA FUNCIÓN DE TRANSFORMACIÓN PARA EVALUAR IMPACTOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON DIVERSIDAD DE ESPECIES**; realizado y presentado por el Lic. DANIEL GUITIAN, C.I.: 17.643.188 para optar al grado de Magíster en Ingeniería Ambiental, se ha concluido; y en mi condición de asesor, hago constar que he leído y revisado el mencionado trabajo y manifiesto que se encuentra listo para la evaluación definitiva.

En la Ciudad de Caracas a los 5 días del mes de diciembre de 2017.

Joaquín Benítez Maal

C.I.: 5.538.984



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
VICERRECTORADO ACADÉMICO
DIRECCIÓN GENERAL DE LOS ESTUDIOS DE POSTGRADO
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA
POSTGRADO EN INGENIERÍA AMBIENTAL

**PROPUESTA DE UNA FUNCIÓN DE TRANSFORMACIÓN PARA
EVALUAR IMPACTOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON
DIVERSIDAD DE ESPECIES.**

RESUMEN

En los estudios de impacto ambiental y sociocultural, la valoración de los impactos se realiza a través de métodos cuantitativos que pueden utilizar funciones de transformación para relacionar la medida de un indicador con valores de calidad ambiental. Sin embargo, en Venezuela no se ha desarrollado una función que relacione la calidad ambiental con la diversidad de especies, el cual representa un factor que permite integrar los impactos biológicos, además de considerarse una propiedad emergente usada para comparar distintas comunidades vegetales y/o animales. Por lo tanto, en la actualidad dicha relación se puede regir por juicios de valor del especialista o por el uso de otros métodos de la consultora ambiental responsable del estudio de impacto ambiental, generando como consecuencia, incertidumbre en los resultados y restricciones para comparar estudios.

Para solucionar este problema, el objetivo de la presente investigación consistió en diseñar una función de transformación para valorar impactos sobre la

diversidad de especies en distintos tipos de comunidades bióticas de Venezuela: bosques siempreverdes *per se*, bosques nublados, bosques deciduos, arbustales espinosos, herbazales, morichales, manglares y arrecifes de coral, a través de la obtención de información suministrada por un conjunto de expertos, la cual fue recolectada utilizando el método Delphi, como herramienta de consenso en la modalidad de envío de cuestionarios.

Las funciones de transformación obtenidas a partir del consenso de los expertos presentaron curvas con tendencias lineales a parabólicas y un incremento positivo de la calidad ambiental respecto al número de especies. Sin embargo, se obtuvieron diferencias en la pendiente y forma de las curvas de acuerdo al tipo de comunidad biótica.

Los resultados obtenidos permitieron establecer recomendaciones para la aplicación de estas curvas de calidad ambiental en estudios de impacto ambiental desarrollados en Venezuela, así como para futuras investigaciones.

Palabras clave: Estudio de Impacto Ambiental, Funciones de Transformación, Diversidad de Especies, Comunidades Bióticas.

CONTENIDO

I. Introducción	5
1.1 Planteamiento del Problema	7
1.2 Objetivos de la Investigación.....	8
1.2.1 Objetivo general.	8
1.2.2 Objetivos específicos.	8
1.3 Justificación e Importancia	8
II. Marco Teórico	10
2.1 Antecedentes de la Investigación	10
2.2 Fundamentos Teóricos.....	13
2.3 Fundamentos Legales.....	32
III. Marco Metodológico.....	32
3.1 Procedimiento para la Construcción de las Funciones de Transformación ..	32
3.1.1 Fundamentos del Método	33
3.1.2 Esquema del Diseño Metodológico	34
3.2 Instrumentos de Recolección de datos.....	40
3.2.1 Primer Cuestionario	40
3.2.2 Segundo Cuestionario	41
3.3 Análisis e Interpretación de los Datos	41
IV. Resultados.....	43
4.1 Primer Cuestionario.....	43
4.1.1 Primera Pregunta	43
4.1.2 Segunda Pregunta.....	45
4.2 Segundo Cuestionario	55
4.2.1 Primera Pregunta	55
4.2.2 Segunda Pregunta.....	56
4.3 Función de Transformación	65
V. Discusión de Resultados.....	74
5.1 Primera Pregunta	74
5. 2 Segunda Pregunta	75

5.3 Análisis de la Función de Transformación obtenida	78
VI Conclusiones	82
VII Referencias Bibliográficas	85
Anexos	93
A.1 Cuestionario I	93
A.2 Cuestionario II.....	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Categorías y componentes ambientales del método Batelle - Columbus .	15
Tabla N° 2 Operacionalización de las Variables.....	37
Tabla N° 3 Panel de expertos	39
Tabla N° 4 Importancia relativa de los parámetros que relacionan la diversidad de especies con la calidad ambiental.	44
Tabla N° 5 Valoración de la calidad ambiental de un bosque siempreverde <i>per se</i> de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-A)	46
Tabla N° 6 Valoración de la calidad ambiental de un bosque nublado de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-B)	47
Tabla N° 7 Valoración de la calidad ambiental de un bosque deciduo de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-C)	48
Tabla N° 8 Valoración de la calidad ambiental de un arbustal espinoso de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-D)	49
Tabla N° 9 Valoración de la calidad ambiental de un herbazal de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-E)	50
Tabla N° 10 Valoración de la calidad ambiental de un morichal de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-F)	51
Tabla N° 11 Valoración de la calidad ambiental de un manglar de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-G).....	52
Tabla N° 12 Valoración de la calidad ambiental de un arrecife de coral de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-H).....	53

Tabla N° 13 Importancia relativa de los parámetros que relacionan la diversidad de especies con la calidad ambiental.	56
Tabla N° 14 Valoración de la calidad ambiental de un bosque siempreverde <i>per ser</i> de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-A)	57
Tabla N° 15 Valoración de la calidad ambiental de un bosque nublado de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-B)	58
Tabla N° 16 Valoración de la calidad ambiental de un bosque decido de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-C)	59
Tabla N° 17 Valoración de la calidad ambiental de un arbustal espinoso de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-D)	60
Tabla N° 18 Valoración de la calidad ambiental de un herbazal de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-E)	61
Tabla N° 19 Valoración de la calidad ambiental de un morichal de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-F)	62
Tabla N° 20 Valoración de la calidad ambiental de un manglar de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-G).....	63
Tabla N° 21 Valoración de la calidad ambiental de un arrecife de coral de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-H).....	64
Tabla N° 22 Calidad ambiental de distintos tipos de comunidades bióticas de Venezuela en función del número de especies presentes.....	66
Tabla N° 23 Valoración del impacto sobre la biodiversidad.	71
Tabla N° 24 Valoración de la intensidad a partir de la función de transformación obtenida.....	72
Tabla N° 25 Comparación de la valoración del impacto sobre la biodiversidad.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. N° 1. Función de transformación para diversidad de especies desarrollada por Batelle – Columbus.....	12
Fig. N° 2. Estructura general de los estudios de impacto ambiental.....	14
Fig. N° 3. Esquema del proceso Delphi.	35

Fig. N° 4 Función de Transformación de Calidad Ambiental vs Diversidad de Especies para distintos tipos de comunidades bióticas en Venezuela.....	68
Fig N° 5 Tramos de la ruta del gasoducto.....	70
Fig. N° 6 Aplicación de la Función de transformación propuesta para comunidades de morichal.....	72
Fig. N° 7. Función de transformación para diversidad de especies publicada por Conesa (2010)	80
Fig. N° 8. Funciones de transformación para diversidad de especies obtenidas en la presente investigación	80

I. Introducción

De acuerdo a lo establecido en los artículos 129 de la Constitución y 105 de la Ley de gestión de la diversidad biológica, toda actividad capaz de afectar la diversidad de especies requerirá la autorización de la autoridad nacional ambiental, previa aprobación de un estudio de impacto ambiental y sociocultural, los cuales representan instrumentos de gestión que permiten incorporar la variable ambiental en el diseño de políticas, programas, planes y proyectos de desarrollo.

En dichos estudios, la valoración de los impactos ambientales se realiza a través de métodos cuantitativos que pueden utilizar funciones de transformación para relacionar la medida de un indicador con valores de calidad ambiental (Conesa, 2010). En Venezuela, el postgrado de Ingeniería Ambiental de la Universidad Católica Andrés Bello ha establecido como una de sus líneas de investigación el desarrollo de funciones de transformación adaptadas a las condiciones ambientales y normativa legal del país, y ya se cuenta con una metodología de trabajo para lograrlo y funciones propias para cuatro (4) factores ambientales, Sin embargo, no se ha desarrollado una función que relacione la calidad ambiental con la diversidad de especies, el cual representa un factor que permite integrar los impactos biológicos, además de considerarse una propiedad emergente usada para comparar distintas comunidades vegetales y/o animales (Barrera y Grillet, 2009).

En tal sentido, el objetivo de la presente investigación consiste en diseñar una función de transformación para evaluar impactos ambientales relacionados con la diversidad de especies, a través de la recolección de información suministrada por expertos, utilizando la técnica Delphi en la modalidad de envío de cuestionarios. Esta función de transformación estará ajustada a distintos tipos de comunidades bióticas de Venezuela: bosques siempreverdes *per se*, bosques nublados, bosques deciduos, arbustales espinosos, herbazales, morichales, manglares y arrecifes de coral, y podrán ser utilizadas para la valoración de impactos sobre la diversidad de especies en estudios de impacto ambiental que se realicen en Venezuela.

La estructura del presente trabajo se organiza en siete (7) capítulos: 1) introducción y problema, 2) marco teórico, 3) metodología de la investigación, 4) resultados, 5) discusión de resultados, 6) conclusiones y 7) referencias bibliográficas. En el capítulo I se presenta el planteamiento del problema con los objetivos, justificación e importancia de la investigación. En el capítulo II, se presenta la revisión bibliográfica sobre los antecedentes y fundamentos teóricos sobre las metodologías para la evaluación de impactos ambientales y el uso potencial de las funciones de transformación en el contexto de la diversidad de especies con la descripción de los parámetros, los tipos de comunidades bióticas y los fundamentos legales considerados en este estudio. En el Capítulo III, se explica la metodología de la investigación con los pasos a seguir para el diseño de la función de transformación, destacando los fundamentos del método, el esquema del diseño metodológico, los instrumentos de recolección de datos y el análisis estadístico implementado. En el Capítulo IV se muestran los resultados estadísticos de los cuestionarios aplicados y la función de transformación resultante con las variantes obtenidas para los ocho (8) tipos de comunidades bióticas evaluadas. En el capítulo V, se realiza el análisis e interpretación de los resultados de las encuestas y la función de transformación obtenida, la cual es comparada con otra curva de calidad ambiental para diversidad de especies reportada en la literatura y con otro criterio de valoración mediante los resultados de su aplicación en un estudio de impacto ambiental. En el Capítulo VI, se presentan las conclusiones del trabajo y se incluyen recomendaciones tanto para la aplicación de la función de transformación obtenida en los estudios de impacto ambiental, como propuestas de futuras investigaciones. Por último, el capítulo VII corresponde a las referencias bibliográficas y en anexos se muestran los modelos de los cuestionarios utilizados para recolectar la información de los expertos.

1.1 Planteamiento del Problema

Los estudios de impacto ambiental permiten predecir los efectos del desarrollo de un proyecto sobre el ambiente, a través de la comparación entre la situación real del ambiente sin proyecto, con la situación simulada de ese mismo ambiente con proyecto (Benítez, 2015). Para realizar dicha simulación, generalmente se incluyen juicios de valor que pueden causar sesgo e incertidumbre en los resultados. Las metodologías multicriterio reducen el carácter subjetivo de las evaluaciones al incorporar técnicas sistemáticas, explícitas y del conocimiento público, las cuales, permiten comparar resultados más objetivamente, facilitando la convergencia de criterios. Una de las primeras propuestas de este tipo fue desarrollada por el Instituto Battelle – Columbus (1972), sin embargo, fue diseñada para proyectos hidráulicos en Estados Unidos, bajo condiciones ambientales y legales de ese país. La transformación a unidades ambientales homogéneas en el sistema Battelle se logra mediante el uso de funciones de transformación, que relacionan la medida cuantitativa o cualitativa de un indicador ambiental con un concepto netamente subjetivo de calidad ambiental.

Para lograr mayor precisión y confiabilidad, la función de transformación debe considerar las características locales del indicador y su entorno ambiental. Así como la percepción socio - cultural y normativa legal del país donde se aplique.

En Venezuela, el postgrado de Ingeniería Ambiental de la Universidad Católica Andrés Bello ha establecido como una de sus líneas de investigación el desarrollo de curvas de transformación para las condiciones particulares del país, y ya se cuenta con curvas propias para cuatro (4) indicadores de impacto ambiental: 1) calidad de aire (Marín, 2006), 2) erosión (Pereira, 2007), 3) vegetación (Melone, 2007) y 4) calidad de agua (Méndez, 2009). Sin embargo, no se ha desarrollado una función que relacione la calidad ambiental con la diversidad de especies. Por lo tanto, en la actualidad dicha relación se puede regir por juicios de valor del especialista o por el uso de otros métodos de la consultora ambiental responsable del estudio de

impacto ambiental (Marín, 2006), generando como consecuencia, incertidumbre en los resultados y restricciones para comparar estudios.

Para diseñar una función de transformación que resuelva estas limitaciones es necesario determinar los indicadores de la diversidad de especies que puedan ser obtenidos en estudios de impacto ambiental y relacionados con valores de calidad ambiental. Esto plantea varias interrogantes: ¿cuáles parámetros de la diversidad de especies se relacionan con la calidad ambiental?, ¿cómo transformar la medida cuantitativa o cualitativa de la diversidad de especies a unidades de calidad ambiental?, ¿cuál es la efectividad de la función de transformación de diversidad de especies sobre un estudio de impacto ambiental?

1.2 Objetivos de la Investigación

1.2.1 Objetivo general.

Diseñar una función de transformación que contribuya en los estudios de impacto ambiental desarrollados en Venezuela a relacionar la diversidad de especies con la calidad ambiental.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Determinar y ponderar los parámetros que relacionen la diversidad de especies con la calidad ambiental.
- Establecer la función que regirá el rango de comportamiento entre la diversidad de especies y la calidad ambiental en distintos tipos de comunidades bióticas de Venezuela.
- Aplicar la función de transformación en un estudio de impacto ambiental y comparar los resultados obtenidos por otro criterio de valoración.

1.3 Justificación e Importancia

El presente trabajo es un aporte metodológico a la valoración de impactos sobre la diversidad de especies en los estudios de impacto ambiental y sociocultural

realizados en Venezuela, los cuales representan el único instrumento de gestión ambiental con rango constitucional. Por esta razón las consultoras ambientales deben contar con herramientas estandarizadas que permitan comparar resultados y aumentar la confiabilidad de los estudios.

Hasta ahora la valoración de la magnitud de los impactos sobre la diversidad de especies depende comúnmente del juicio de valor del especialista responsable del estudio. Contar con una función de transformación para la diversidad de especies adaptada a las condiciones de las comunidades bióticas de Venezuela, representa una ventaja para las autoridades ambientales, los promotores de proyectos y las consultoras ambientales, ya que ofrecerá un método más confiable para el cálculo del impacto, cuyo valor influye sobre el establecimiento de las medidas para prevenir, mitigar, corregir o compensar dicho impacto, las cuales se incluyen en el diseño del proyecto y son ejecutadas por su promotor bajo la supervisión de la autoridad ambiental y respaldo de la normativa legal.

De acuerdo a la ley de gestión de la diversidad biológica, los estudios de impacto ambiental representan un instrumento obligatorio de control previo para toda actividad capaz de afectar la diversidad de especies, la cual representa un indicador de integración biológico que puede incluir vegetación y fauna, además de considerarse una propiedad emergente usada para comparar distintas comunidades. Lo cual resulta particularmente importante en países megadiversos¹, como es el caso de Venezuela.

¹ Los países megadiversos son un grupo de 17 países que albergan el mayor índice de biodiversidad de la Tierra (LMMC, 2010)

II. Marco Teórico

El presente proyecto consiste en diseñar una función de transformación para valorar la magnitud de los impactos sobre la diversidad de especies en los estudios de impacto ambiental desarrollados en Venezuela. El diseño de esta función contempla la selección de los indicadores de la diversidad de especies que puedan ser medidos en los estudios de impacto ambiental y tengan relación con la calidad ambiental, considerando las condiciones particulares de distintas comunidades bióticas de Venezuela.

En este capítulo se presentaran los antecedentes y fundamentos teóricos relativos a funciones de transformación, métodos de valoración de impactos ambientales y evaluación de la diversidad de especies.

2.1 Antecedentes de la Investigación

Las funciones de transformación representan uno de los más difíciles e interesantes desafíos de la metodología porque han de ser fruto de del rigor científico, pero deben reflejar también el sentir de la población mediante la escala de valores sociales (Gómez- Orea, 2002).

Las primeras funciones de transformación fueron desarrolladas por el Instituto Battelle – Columbus en 1972 para proyectos hidráulicos en los Estados Unidos. Este modelo establece la función de evaluación de la calidad ambiental (CA) de un parámetro i , en función de su magnitud (M):

$$CA_i = f(M_i)$$

Para evaluar la calidad de un parámetro definido por su magnitud, se establece, en primer lugar, su función de evaluación $f(M_i)$ que se puede representar gráficamente con la calidad ambiental (CA) en ordenadas y la magnitud en abscisas. Esta función puede ser lineal, con pendiente positiva, negativa o tener un punto máximo intermedio. Además, pueden variar en el tiempo y localización según el

entorno físico y socioeconómico del proyecto y, presentar otras formas según la correspondiente relación calidad ambiental – magnitud.

Garmendia, Salvador, Crespo y Garmendia (2005), consideran nueve formas básicas de funciones de transformación:

- 1) Una recta, si ambas magnitudes son proporcionales.
- 2) Una parábola que varía rápidamente para valores bajos de la magnitud, y lentamente para valores altos.
- 3) Una parábola que varía lentamente para valores bajos de la magnitud y rápidamente para valores altos.
- 4) El impacto varia rápidamente en los extremos y lentamente en el centro.
- 5) El impacto varia lentamente en los extremos y rápidamente en el centro.
- 6) El crecimiento del impacto no es continuo y la función de transformación es una función en escalera, con saltos para determinados valores.
- 7) Existe un umbral a partir del cual el impacto no es aceptable.
- 8) No hay relación entre el impacto y el indicador y se considera el impacto constante.
- 9) La función de transformación no es siempre creciente ni siempre decreciente, sino que alcanza para un valor intermedio del indicador un máximo o un mínimo.

Para el caso de la diversidad de especies reportan una curva de valoración basada en una función lineal decreciente, sin embargo, es importante destacar que estos autores utilizaron en las ordenadas la magnitud del impacto en unidades homogéneas, en lugar de la calidad ambiental, el cual es el parámetro utilizado por la mayoría de los autores.

Granero, Ferrando, Sánchez y Pérez (2010) y Conesa (2010) reportan las funciones de transformación desarrolladas en el Método de Batelle Columbus para diversos impactos ambientales, incluyendo una función para la diversidad de especies, en la cual se utiliza como indicador del factor el número de especies por

cada 1000 individuos. La forma de la curva es lineal y positiva, con un incremento directamente proporcional de la calidad ambiental respecto al indicador.

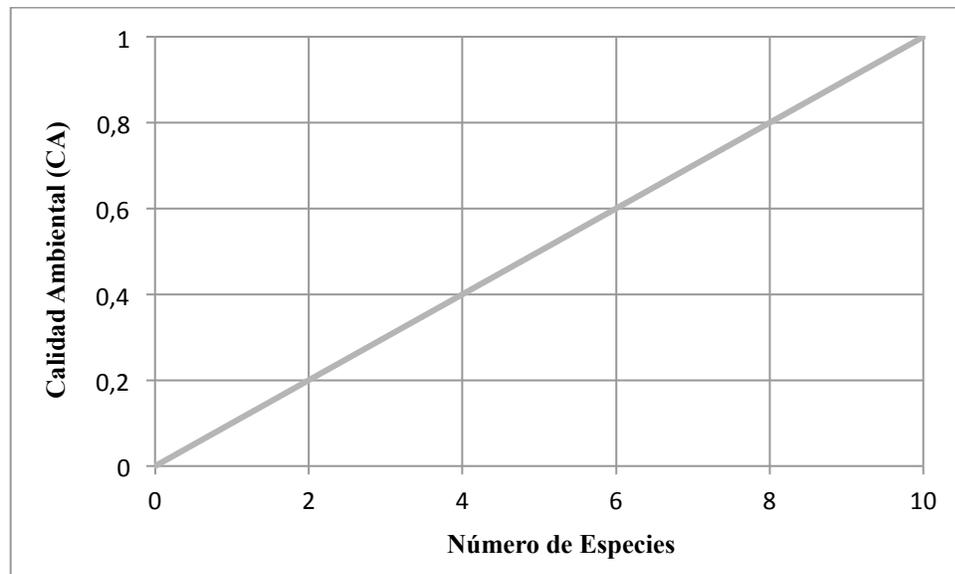


Fig. N° 1. Función de transformación para diversidad de especies desarrollada por Batelle – Columbus

Estos autores no reportan detalladamente los criterios utilizados para construir las curvas de transformación, sin embargo, coinciden en que la metodología a seguir es la siguiente:

- Relacionar el factor con la calidad ambiental, considerando la información científica, la normativa legal y las preferencias sociales.
- En el eje de las abscisas, crear una escala de tal manera que el menor valor posible coincida con el cero y el máximo con el extremo derecho de la gráfica.
- En el eje de ordenadas, situar $CA = 0$ en el origen y $CA = 1$ en el extremo superior de la gráfica, dividiendo los segmentos en partes iguales.
- Dibujar la función, expresando la relación entre los intervalos anteriores y la magnitud del efecto sobre el factor.
- Repetir el proceso, promediando los resultados.
- Realizar el proceso con distintos grupos de expertos para procurar una mayor fiabilidad de la función.

Los trabajos mencionados fueron desarrollados en España y el método de Batelle Columbus en Estados Unidos, considerando las condiciones ambientales y normativa legal de estos países. En Venezuela, se han desarrollado cuatro (4) trabajos de grado en la Universidad Católica Andrés Bello a nivel de maestría bajo la asesoría del Ing. Joaquín Benítez:

- 1) Marín (2006) estableció las bases metodológicas que permiten desarrollar una curva de calidad ambiental para partículas totales suspendidas (PTS) en el Aire, aplicable en estudios de impacto ambiental y adaptada a las condiciones venezolanas. La cual toma en cuenta además de la salud, otros factores representativos del medio ambiente: vegetación, visibilidad y materiales, para los cuales se obtuvo un alto grado de consenso entre los once (11) especialistas que participaron en la investigación, a través de la técnica Delphi en modalidad de encuestas.
- 2) Melone (2007) diseñó una función de transformación para la pérdida de vegetación terrestre.
- 3) Pererira (2007) propuso una función de transformación para evaluar impactos ambientales relacionados con el factor erosión de suelo producido por fenómenos hidráulicos.
- 4) Méndez (2009) desarrollo una función de transformación para la realización de las evaluaciones de impacto ambiental adaptada a las condiciones de Venezuela y que relaciona la calidad ambiental con el índice de calidad de agua, considerando 10 parámetros seleccionados en orden de importancia por los expertos consultados mediante la técnica Delphi.

2.2 Fundamentos Teóricos

Los estudios de impacto ambiental permiten predecir los efectos del desarrollo de una actividad sobre los diferentes componentes del ambiente natural y social (Decreto N° 1257, Gaceta Oficial N° 35.946 de la República de Venezuela. 1996). Generalmente están constituidas por la predicción y valoración de impactos

ambientales y la proposición de medidas de mitigación (Sadler, 1994). En tal sentido, estos estudios determinan la magnitud de los impactos potenciales de un proyecto, obra o actividad (Conesa 2010), lo cual permite a las autoridades planificar las actuaciones y toma de decisiones (Canter, 1998). En la figura N° 1 se presenta un esquema de la estructura de los estudios de impacto ambiental.

En la valoración de impactos ambientales se utilizan las funciones de transformación para relacionar la magnitud del factor ambiental con la calidad ambiental, expresando esta última en función de aquella (Conesa, 2010). Estas funciones o curvas de calidad, permiten homogeneizar las diferentes unidades de medida de los indicadores afectados por cada proyecto o actividad objeto del estudio de impacto ambiental y sociocultural, y expresarlas en unidades abstractas de valor ambiental (Garmendia y col. 2005).

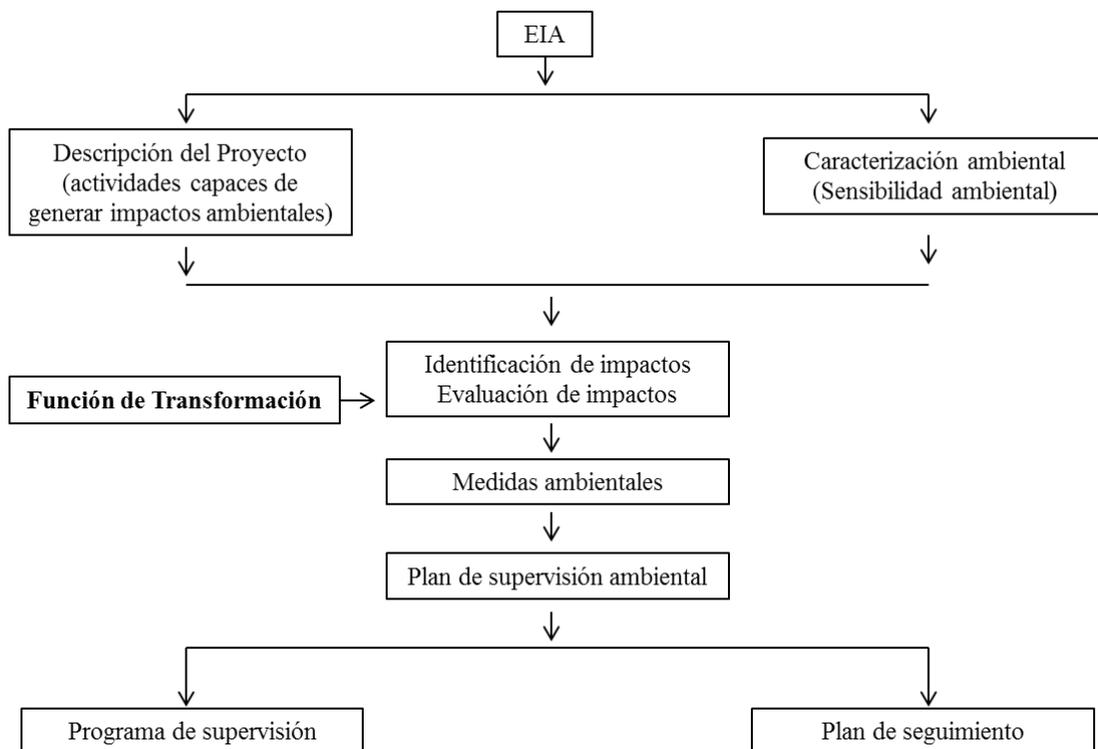


Fig. N° 2. Estructura general de los estudios de impacto ambiental

Fuente: Tomado y modificado de Benítez (2015).

El método de Batelle – Columbus (Dee, Baker, Drobny, Duke y Fahringer, 1972), empleado en proyectos hidráulicos en Estados Unidos y el método de los criterios relevantes integrados (Buroz, 1998), empleado en estudios de impacto ambiental en Venezuela, describen en que parte del proceso de evaluación es necesario el uso de las funciones de transformación.

El primero de estos métodos, fue desarrollado en los laboratorios Battelle, de Columbus, Ohio (Estados Unidos de Norteamérica), en 1971, el cual proporciona un sistema de evaluación de impactos globales para 78 parámetros o factores ambientales, los cuales fueron seleccionados a través del método Delphi y clasificados en 18 componentes y 4 categorías (Tabla N°1). Las categorías representan grandes agrupaciones con dominios similares: 1) ecología, 2) contaminación ambiental, 3) estética e 4) interés para el hombre, mientras los componentes se refieren a información intermedia y corresponden a grupos de parámetros similares.

Tabla N° 1 Categorías y componentes ambientales del método Batelle - Columbus

Ecología	Contaminación Ambiental	Aspectos Estéticos	Aspectos de interés humano
1. Especies y poblaciones.	4. Contaminación del agua.	8. Suelo.	14. Valores educativos y científicos.
2. Hábitats y comunidades.	5. Contaminación atmosférica.	9. Aire.	15. Valores históricos.
3. Ecosistemas.	6. Contaminación del suelo.	10. Agua.	16. Culturas.
	7. Contaminación por ruido.	11. Biota.	17. Sensaciones.
		12. Objetos artesanales.	18. Estilos de vida.
		13. Composición.	

Fuente: Tomado y modificado de Dee y col (1972)

Cada uno de estos componentes presenta un conjunto de parámetros que dan información específica de aspectos significativos del ambiente. Por ejemplo, en el componente hábitats y comunidades perteneciente a la categoría ecología, se encuentra el parámetro diversidad de especies junto a seis (6) parámetros más.

Dichos parámetros se convierten a unidades comparables de calidad ambiental, mediante las funciones de transformación, como indica el punto 5 de las fases del método:

- 1) Determinar una lista de parámetros o factores ambientales.
- 2) Ponderar dichos parámetros.
- 3) Valorar la situación sin proyecto utilizando unos indicadores.
- 4) Predecir esos mismos indicadores con proyecto.
- 5) El modelo establece un sistema en el que se lleguen a evaluar en unidades comparables. En este momento, se recurre a las funciones de transformación para convertir cada parámetro a unidades de calidad ambiental.
- 6) Multiplicar cada valor por su peso y se calcula la suma ponderada de la situación sin proyecto.
- 7) Calcular la suma ponderada de la situación con proyecto.
- 8) Efectuando la suma ponderada de los parámetros se obtiene el valor de cada componente, de cada categoría y el valor del impacto ambiental global.

Como se mencionó anteriormente, el método de Batelle – Columbus fue diseñado para proyectos hidráulicos en Estados Unidos. En Venezuela, una de las metodologías más utilizadas para la evaluación de impactos ambientales es el método de los criterios relevantes integrados, el cual consiste en obtener un valor numérico para los impactos potenciales identificados en un proyecto, al ponderar su evaluación a través de diversos indicadores:

- Probabilidad: Probabilidad de que el impacto se produzca durante la vida del proyecto. Si existen datos estadísticos, se emplea esa información. En otros casos puede ser muy difícil o innecesario precisar la probabilidad y por tanto, simplemente ésta se establece según el criterio del especialista en términos de: cierta, alta, media, baja y nula.

- **Intensidad:** Cuantificación de la fuerza, peso o rigor con que se manifiesta el impacto. Generalmente es el indicador que muestra el valor del cambio. Para ello se recomienda usar una Función de Transformación que permita valorarlo.

En otros casos la intensidad puede determinarse en función de dos variables, el grado de perturbación y el valor socio ambiental. La combinación de ambas variables determina el valor de la intensidad del impacto.

El grado de perturbación expresa la fuerza o rigor con que se manifiesta el cambio y es necesario determinarlo con el uso de una Función de Transformación, a través de la diferencia entre la situación sin proyecto (los datos vienen de la caracterización) y la situación con proyecto (los datos vienen de la aplicación de un modelo o de estimaciones). Mientras el valor socio-ambiental expresa la importancia de una unidad territorial o de un elemento de su entorno. Esta importancia se determina por el valor social, de acuerdo a consideraciones populares, legales y políticas, en materia de protección y puesta en valor del ambiente.

- **Extensión:** Medida del ámbito espacial o superficie en que ocurre la afectación. Se expresa en términos de superficie, pero también puede hacerse como porcentaje de la superficie afectada sobre el total del Proyecto.

- **Duración:** Período durante el cual se sienten las repercusiones del Proyecto. Se mide según el número de años que dura la acción que genera el impacto. Los intervalos que se usan en este caso normalmente son: desde permanente (durante toda la vida del Proyecto), hasta más de 10 años, de 5 a 10 años, de 2 a 5 años y desde menos de 2 años hasta instantánea.

- **Reversibilidad:** Expresión de la capacidad del medio para retornar a una condición similar a la original. Es posible cuantificar criterios o atributos que permitan comparar las condiciones antecedentes del medio con las posteriores a la alteración, pero como la evaluación tiene un carácter predictivo, la comparación normalmente se lleva a cabo a través de la revisión bibliográfica o a partir de la experiencia del especialista en casos similares que muestren la mayor o menor

capacidad de recuperación del medio. En algunos casos se emplean criterios de valoración, simples o complejos, que se correlacionan en alguna medida con la reversibilidad. En otros casos, se conoce la mayor o menor efectividad de las medidas que pueden aplicarse luego de la manifestación del impacto, de manera que cuando existen medidas correctivas se habla de que el impacto es reversible, y en el otro extremo, se considera irreversible cuando no hay medida, por lo menos económicamente factible, capaz de facilitar el retorno del medio a una condición similar a la original.

- **Desarrollo:** Tiempo que tarda el impacto en manifestarse, medido a partir del inicio de la acción que lo genera.

Finalmente, una vez desarrollados todos los impactos se ordenan jerárquicamente de menor a mayor según su valoración de impacto ambiental (VIA). De esa manera se clasifican en base a su relevancia del impacto: baja, media, alta y muy alta según su grado de afectación. La relevancia de un impacto determinará la necesidad y prioridad de la formulación y diseño o no de medidas ambientales.

En los estudios de impacto ambiental, tanto los impactos como las medidas, generalmente se clasifican en tres (3) componentes: 1) físico – naturales, 2) biológicos y 3) socio – culturales. El componente biótico incluye la flora y la fauna del polígono de afectación y área de influencia del proyecto y comúnmente se estudia a nivel de comunidades.

En Ecología se puede llamar comunidad al conjunto de poblaciones (de distintas especies) que coexisten en forma estable en un ambiente dado. En la naturaleza, los organismos individuales interactúan entre sí y con el medio físico, y al sistema formado por ambos componentes (biótico y abiótico) se le denomina ecosistema. Aunque ambos componentes son funcionalmente inseparables, los seres vivos se han considerado aparte (la comunidad) a fin de analizarlos como un nivel de organización más complejo que las poblaciones aisladas. Así, la comunidad tiene atributos propios que difícilmente pueden inferirse a partir de la descripción de las

poblaciones que las constituyen. A este tipo de atributos se les llama propiedades emergentes, y una de ellas es la estructura de la comunidad (Begon, Harper y Townsend. 1990)

En general, se pueden identificar tres tipos de factores determinantes de la estructura comunitaria: la dispersión o propagación espacial de las especies, su interacción con el medio físico y las interacciones dentro del medio biótico (Ricklefs y Miller 2000).

Para poder comparar distintas comunidades se requiere del uso de propiedades emergentes que sinteticen los rasgos más relevantes de su estructura, y que no dependen explícitamente del tipo de organismos de cada una. Entre ellas se tiene la diversidad de especies, usualmente expresada mediante índices y el uso de técnicas estadísticas multivariadas (Barrera y Grillet, 2009). ¿Cuántas especies hay en un ambiente determinado? Esta es una clásica pregunta de investigación en ecología de comunidades y en estudios de impacto ambiental.

Se han propuesto varios coeficientes para estimar la "diversidad" de una comunidad (Hurlbert 1971, Peet 1974, Magurran 2004, Smith y Wilson 1996). Los más usuales consideran los dos componentes de la diversidad: el número o riqueza de especies y la distribución de los individuos presentes entre las mismas (la equidad de la comunidad). Aun cuando generalmente en los estudios de impacto ambiental, solo se considera la riqueza de especies, la diversidad aumenta tanto con el número de especies como con la equidad en la distribución de los individuos entre las especies (Barrera y Grillet, 2009).

La riqueza de especies tiene relación con varios factores que, en teoría, pueden influir sobre la composición de las comunidades y la calidad ambiental de los ecosistemas (Begon y col. 1990). Entre los cuales destacan los siguientes:

- Complejidad de la comunidad: robustez de la estructura trófica de una comunidad. Se considera que la complejidad creciente significa más especies,

más interacciones entre las especies, mayor intensidad media de las interacciones, o alguna combinación de estos aspectos. Sin embargo, no necesariamente una mayor complejidad representa una mayor estabilidad de la comunidad (Begon y col. 2006).

- Dinámica sucesional: esquema continuo, direccional y no estacional de colonización y extinción de las poblaciones de especies en una localidad (Begon y col. 2006).
- Presencia de especies relevantes: especies endémicas, protegidas, emblemáticas, comerciales y/o claves.
- Flujo de materia y energía de las comunidades: productividad primaria y secundaria. La productividad primaria es la tasa con que la biomasa es producida por unidad de superficie por parte de las plantas, y la productividad secundaria es la producción de biomasa de los heterótrofos (Ricklefs, 1998).
- Ciclo de nutrientes: movimiento e intercambio de materia orgánica e inorgánica para regresar a la producción de materia viva.
- Acumulación de carbono: sumidero de carbono, que absorbe el carbono de la atmósfera y contribuye a reducir la cantidad de CO₂ del aire.

Sin embargo, la riqueza de especies no puede considerarse como un indicador generalizado de la calidad ambiental, ya que depende del tipo de comunidad biótica que se estudia. En el presente trabajo se consideraron ocho (8) tipos de comunidades a partir de criterios relacionados con riesgo de eliminación, singularidad, utilidad social y protección legal:

1. Bosques siempreverdes *per se*: integran la formación vegetal cuyo nombre genérico es “bosques siempreverdes”, caracterizados por una sustitución paulatina de la masa foliar a lo largo del año. Los árboles dominantes nunca se presentan desprovistos de hojas y menos de 25% de los individuos pierde su follaje durante la estación de sequía. Los bosques siempreverdes *per se* representan la formación boscosa de mayor superficie del país, abarcando aproximadamente 34% del territorio nacional y están distribuidos desde tierras bajas, principalmente al sur del territorio

nacional, hasta zonas montañosas, donde pueden alcanzar 2.000 metros de altitud, específicamente en la cordillera de los Andes y la Guayana venezolana (Rodríguez, Rojas y Hernández, 2010).

Los bosques siempreverdes per se están conformados por tipos más específicos de formaciones vegetales, dependiendo de su posición orográfica, climática y de las características anatómicas de las especies de plantas que le conforman. Entre ellos se encuentran los bosques macrotérmicos siempreverdes de tierras bajas, los bosques húmedos siempreverdes basimontanos, submontanos y montanos siempreverdes y los bosques húmedos esclerófilos siempreverdes, entre otros (Huber y Alarcón 1988, Huber 1995a).

De acuerdo al Libro Rojo de Ecosistemas Terrestres (Rodríguez y col. 2010) y siguiendo el principio precautorio del Convenio sobre la Diversidad de Especies (CDB, 1992), los bosques siempreverdes per se, se consideran en estado vulnerable a nivel nacional. Dicha vulnerabilidad se debe principalmente a las amenazas antrópicas que se presentan con distinta intensidad en las diferentes áreas geográficas del país. En la región norte, la eliminación de los bosques para asentamientos humanos, actividades agropecuarias y explotación forestal han sido las principales causas. Al sur de Venezuela, la minería, la extracción de madera, la construcción de presas, las quemadas, los cambios en las prácticas agrícolas, la presión poblacional, el turismo y la explotación comercial de productos naturales son los detonantes más importantes de la modificación o pérdida del bosque (Huber 1995b).

La afectación sobre la flora y la fauna de los bosques siempreverdes per se en el norte de Venezuela no ha podido mitigarse por la presencia de áreas protegidas. A pesar de que casi 43% de esta formación se encuentra en áreas con prioridad de conservación a escala nacional, apenas 4% está protegida al norte del Orinoco. Por otro lado, en áreas de protección no estrictas, que permiten usos de aprovechamiento, se halla 8% de los bosques siempreverdes per se del norte del país y 36% a escala nacional (Rodríguez y col. 2010). Adicionalmente, aún donde estos bosques se

encuentran incluidos en parques nacionales, como en los casos de la sierra de Perijá, macizo de Turimiquire, cordillera de los Andes y Macarao, el proceso de intervención se ha mantenido en el tiempo, tanto dentro de sus linderos como en los alrededores (De Oliveira- Miranda 2008, Hernández-Montilla 2010)

2. Bosques nublados: La característica visual más llamativa de los bosques nublados es la presencia de niebla o nubes durante más de la mitad del año. Se trata de una comunidad boscosa siempreverde densa con árboles entre 10 y 20 m de altura, con 2 a 3 estratos arbóreos y un sotobosque bien desarrollado (Huber y Riina 1997). Otro de sus elementos característicos es la presencia de abundantes epífitas, las cuales pueden llegar a representar entre 40% y 60% de su flora vascular, lo que le imprime rasgos particulares en la dinámica hídrica, de nutrientes y hojarasca del ecosistema, por llegar a constituir más de 50% de la biomasa fotosintética (Walter y Ataroff, 2002). Este tipo de formación siempreverde también ha recibido el nombre de selva nublada, bosque ombrófilo montano siempreverde y bosque montano.

En Venezuela tradicionalmente se han diferenciado los bosques o selvas nubladas andinas y los bosques o selvas nubladas costeras (Huber y Alarcón, 1988). Sin embargo, es posible identificar otras unidades de vegetación con características de bosques nublados, a elevaciones más bajas y en montañas aisladas como el cerro Santa Ana en el estado Falcón, o como el cerro El Copey en la isla de Margarita (Rodríguez y col. 2010).

Estos ecosistemas tienen una gran importancia para el balance y distribución hídrica de zonas de alta montaña hacia abajo. En los ríos y quebradas permanentes de montaña, la estabilidad del caudal base depende de los drenajes superficiales, sub-superficiales y profundos, y estos dependen de los flujos hídricos canalizados por la vegetación natural de altura. Representan un gran reservorio genético, dotado de una alta diversidad de especies frecuentemente endémicas (Steyermark, 1974; Atarroff, 2003). Un caso típico es el Cerro de la Neblina, donde se han encontrado numerosas especies de flora y fauna endémicas (Rodríguez y col. 2010).

De acuerdo al Libro Rojo de los Ecosistemas Terrestres, la mayor parte de estos bosques se encuentran en Peligro, a excepción de los bosques nublados de la Sierra de Perijá, que de acuerdo a la información disponible estarían en la categoría de Vulnerable (Rodríguez y col. 2010).

Dentro de las principales amenazas destacan: la construcción de carreteras y caminos, la cacería ilegal, la extracción de madera y de productos no maderables, la agricultura y ganadería, las invasiones y los incendios forestales, factores que frente a la fragilidad de estos ecosistemas pueden tener efectos negativos considerables (Stadtmuller, 1986; Rodríguez y col. 2010).

La superficie de los bosques nublados se encuentra enmarcada, principalmente, dentro de áreas protegidas cuyos fines son prioritariamente de conservación (53%) o mixtos (36%), lo cual indica que 89% de su extensión goza de alguna figura de protección, destacando los Parques Nacionales Canaima, La Neblina, Sierra de Perijá, Sierra Nevada, El Tama, Henry Pittier, Guatopo, El Ávila, Yurubí, Terepaima, El Guacharo, Macareo y Yacambú (Stadtmuller, 1986). Sin embargo, la proporción de superficie modificada de los bosques nublados se ha incrementado en el tiempo (Rodríguez y col. 2010).

3. Bosques deciduos: Los bosques deciduos se caracterizan porque al menos 75% de los individuos arbóreos pierden su follaje durante la época de sequía (Huber y Alarcón 1988; Huber, 1995), y son equivalentes al denominado bosque estacional caducifolio por sequía (Murphy y Lugo 1986; González, 2003). En ocasiones, dada su asociación con bosques secos, y las diferentes clasificaciones y nomenclaturas existentes en la literatura, esta formación es confundida con los arbustales secos o espinosos, en especial cuando los conforman leguminosas y especies deciduas.

Se ubican principalmente en tierras bajas al norte de Venezuela, pero en algunas zonas colinosas pueden alcanzar de 500 m a 600 m de elevación. Su extensión total (28.858 km²) representa 3,2% del país. Los estados con mayor área de bosques deciduos son Lara, Anzoátegui, Bolívar y Falcón (Ewel, 1976).

Existe una gran variación en cuanto a la riqueza florística y en la complejidad estructural de este tipo de bosque, asociada a la pluviosidad total anual y a su distribución durante el año. En ambientes áridos los bosques deciduos tienden a estar dominados por una sola especie vegetal, como los constituidos por especies del género *Prosopis* (Gentry, 1995; González, 2003). Sin embargo, el patrón general es que presentan varios estratos: el superior con árboles emergentes de copas redondeadas y en algunos casos aplanadas, un estrato arbóreo inferior con copas cónicas, piramidales o aplanadas, y un sotobosque con poca vegetación y en algunas localidades con colonias extensas de bromelias terrestres (*Bromelia pinguin*). Si bien los bosques deciduos son menos diversos que los bosques húmedos, algunas familias como Zygophyllaceae, son exclusivas de estas formaciones (Gentry 1995).

Los bosques deciduos representan uno de las formaciones vegetales más amenazadas de Venezuela y gran parte de su extensión ya ha sido eliminada (Fajardo y col. 2005, Rodríguez y col. 2008). De acuerdo al Libro Rojo de los Ecosistemas Terrestres, estos ecosistemas se consideran en Peligro Crítico y sus principales amenazas son la agricultura, la ganadería y el urbanismo (Fajardo y col. 2005). Las obras hidráulicas probablemente hayan afectado más a los bosques deciduos que a otros ecosistemas de la región, ya que la mayoría de los embalses coinciden con su distribución histórica: Clavellinos, El Guamo, Alto Neverí y Mundo Nuevo, tres acueductos regionales (Nor-Oriental, Campanero y Maturín) y numerosos acueductos locales (MARNR 1992). A las amenazas anteriores, se suma la explotación comercial y artesanal de la madera, incluyendo la producción de leña y carbón vegetal para uso doméstico (Rodríguez y col. 2010). Algunas de las especies comerciales máspreciadas en el mercado maderero nacional son predominantemente de bosques deciduos: caoba (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*), pardillo negro (*Cordia* sp.), samán (*Pithecellobium saman*) y saqui saqui (*Pachira quinata*)

A pesar de esta situación sólo 6% de los bosques deciduos remanentes están ubicados dentro de áreas protegidas de conservación, mientras que 29% se encuentran en áreas reservadas para usos posteriores (Rodríguez y col. 2010).

4. Arbustales espinosos: Los arbustales espinosos son comunidades vegetales cuya composición florística está conformada por cactáceas, arbustos y arbolitos bajos (usualmente <5 m de alto), la mayoría provistos con espinas (Huber y Alarcón 1988). A lo largo de su distribución en Venezuela, se encuentran en un gradiente que abarca desde áreas dominadas estrictamente por cactáceas que reciben el nombre de cardonal, hasta otras donde predominan especies de leguminosas con espinas (*e.g.* *Prosopis* sp.) señaladas como espinar (Rodríguez y col. 2010).

Los arbustales espinosos están distribuidos en la zona costera desde La Goajira hasta el golfo de Cariaco, en varias de las Dependencias Federales, en la cordillera de los Andes y en la altiplanicie de Barquisimeto, que incluye a Lara y Falcón (Rodríguez y col. 2010). Sin embargo, la vegetación natural que queda en muchos de estos lugares, se encuentran en un estado de sucesión secundaria, y en algunos casos, el monte original en una condición sumamente degradada. La deficiente capacidad retentiva de agua por los suelos, debido a la lenta producción, descomposición e incorporación de la materia orgánica, provoca una lenta recuperación de la cubierta vegetal cuando ésta ha sido destruida (Ewel, 1976).

De acuerdo al Libro Rojo de los Ecosistemas Terrestres, los arbustales espinosos se encuentran En Peligro y sus principales amenazas son la cría de ganado caprino, la extracción de madera, la minería a cielo abierto, la edificación de infraestructura de gran escala y los desarrollos urbanísticos. En el caso particular de la isla de Margarita, los arbustales espinosos han sufrido un impacto asociado a la explotación de arena a cielo abierto, agravado por tratarse de ecosistemas insulares ya de por sí restringidos. El deterioro ambiental de esta actividad ha sido selectivo, afectando principalmente los cauces de los ríos y quebradas (que permanecen secos la mayor parte del año), donde se desarrollan las especies arbóreas más importantes como *Bulnesia arborea* (Fajardo 2007). La destrucción ambiental es evidente en la diversidad de especies, incluyendo poblaciones de fauna en situación crítica, como el venado endémico (*Odocoileus margaritae*) y la cotorra margariteña (*Amazona*

barbadensis), Ave Regional del Estado Nueva Esparta (Rodríguez y Rojas- Suárez 2008).

En la actualidad, el porcentaje de esta formación que se encuentra en áreas protegidas de conservación corresponde a 5% de su superficie, con un 19% adicional en áreas protegidas de manejo. Específicamente en parques nacionales, las mayores proporciones resguardadas se encuentran en el PN Médanos de Coro (Falcón) y el PN Dinira en el estado Lara (Soriano y Ruiz 2003).

5. Herbazales de Venezuela: Son comunidades conformadas por una capa de especies no leñosas relativamente continuas, que puede contener elementos leñosos (arbustos o árboles) en forma aislada o en grupos, formando pequeñas islas de bosques. Las especies predominantes comúnmente son hierbas (graminosas o no), pero en el Escudo Guayanés puede tratarse de especies con una apariencia fisionómica completamente diferente a las hierbas (Huber, 1995). Atendiendo a su composición florística, sus restricciones ecológicas y ubicación geográfica, en Venezuela pueden diferenciarse siete tipos de herbazales: 1) Sabanas abiertas, 2) sabanas arbustivas y/o arboladas, 3) herbazales parameros, 4) herbazales de pantano, 5) herbazales arbustivos sobre arena, 6) herbazales tepuyanos, 7) herbazales litorales (Rodríguez y col., 2010)

Según el Libro Rojo de los Ecosistemas Terrestres en Venezuela, entre los herbazales con mayor grado de amenaza, se encuentran las sabanas abiertas, caracterizadas por una comunidad graminiiforme, sujeta a una larga temporada seca (Tamayo, 1972) y pudiendo ocupar nichos específicos en bancos, bajíos y esteros (Ramia 1967). En estos ecosistemas habitan una importante diversidad de mamíferos y aves, entre las cuales destacan, la corocora roja (*Eudocimus ruber*), el perico mastrantero (*Forpus passerinus*), la paraulata llanera (*Mimus gilvus*) y varias especies de garzas (Hernández - Montilla, 2010)

Pese a la notable capacidad de recuperación o resiliencia que tienen las sabanas, su biodiversidad se ve amenazada por varios procesos. En Venezuela, las

sabanas de la región llanera han sido objeto de presiones antrópicas que no han cesado de incrementar desde tiempos de la Colonia. Las principales amenazas en la actualidad son de orden demográfico y económico, asociadas a la explotación forestal, a la agricultura intensiva, a la ganadería y a la minería (Silva 2003; San José y Montes, 2007). Estas presiones varían dependiendo de la región. En aquéllas donde las sabanas han experimentado un proceso de modificación, la diversidad de especies en estos ecosistemas ha sido notablemente afectada, bien sea por la destrucción de las selvas aledañas o por la alteración de patrones espaciales de distribución de especies, entre otras causas. Cuando los patrones de diversidad y distribución de especies nativas son alterados, especies africanas altamente competitivas con frecuencia desplazan a las especies nativas. De gran potencial económico, estas especies exóticas logran aumentar significativamente la capacidad de carga de los pastizales y el rendimiento en peso vivo por hectárea. Esto sucede con frecuencia en zonas de sabanas abiertas principalmente de los estados Apure, Barinas, Cojedes y Guárico (Silva, 2003; San José y Montes, 2007).

A nivel Nacional, las sabanas abiertas se encuentran En Peligro y la porción que se encuentra dentro de áreas protegidas de conservación corresponde a 15% de su superficie total (Rodríguez y col. 2010)

6. Morichales: En Venezuela, el término morichal es utilizado para denominar una comunidad en la cual los individuos adultos de la palma arbórea *Mauritia flexuosa* conforma el elemento más representativo. También se conoce a la comunidad vegetal como palmar de pantano de *Mauritia flexuosa* (Beard, 1952; Meyer, 1990, Bacon, 1990). La densidad poblacional de la palma de moriche puede variar desde pocos individuos aislados, creciendo en una matriz forestal o herbácea, formando parches a nivel paisajístico hasta comunidades en donde forma el principal elemento estructural y florístico a causa de su alta densidad. Entre ambos extremos es posible encontrar comunidades con diferente fisonomía y composición florística, pero que tiene como elemento común, la presencia de individuos de diferentes edades y en densidades variables de la palma (González, 1987; 2009). El carácter sucesional de

estas comunidades, permite reconocer los siguientes tipos de morichal: a) herbazales de pantanos con individuos aislados de *Mauritia flexuosa*, b) morichales abiertos, c) morichales cerrados, d) morichales de transición a bosques siempreverde de pantano estacional y e) bosques siempreverdes de pantano (González, 2009).

En Venezuela, los morichales se distribuyen en los estados Bolívar, Apure, Guárico, Monagas, Anzoátegui, Sucre, Amazonas y Delta Amacuro, en zonas inundadas con suelos pantanosos, aunque su persistencia en el tiempo solo está asegurada si existe un cierto movimiento lateral superficial o en el acrotelmo de los suelos orgánicos que garantice la oxigenación parcial de agua de escorrentía (González y Rial, 2011).

Los morichales en Venezuela se encuentran catalogados como vulnerables, siendo sus principales amenazas, el cambio de uso de las sabanas adyacentes, los diferentes tipos de fuego y las distintas actividades asociadas a la industria petrolera, relacionadas con la explotación, almacenamiento y transporte del petróleo (González y Rial, 2011).

La necesidad de la conservación de los morichales, radica en su importancia ecológica, valor paisajístico, utilidad social, vinculación cultural y potencial económico. Con relación a la importancia ecológica, las comunidades de morichal, pueden ser consideradas como un ecosistema en el cual existe un continuo flujo de materiales y energía entre el subsistema terrestre y acuático, el cual actúa como corredor ecológico y sitio de refugio y reproducción de la fauna asociada (González, 1987; 2009).

En Venezuela, los ecosistemas de morichal albergan una gran diversidad de especies animales, que dependen directa o indirectamente de la palma de moriche, entre los cuales es pertinente mencionar aquellos en situación de amenaza, como los osos palmeros, dantas, venados caramerudos, cunaguaros, tigrillos, yaguares, perros de agua, manatíes, tortugas arrau y caimanes del Orinoco. Otras especies consideradas vulnerables y mencionadas en el Libro Rojo de la Fauna Venezuela

(Rodríguez y Rojas Suárez, 1995) como los pumas, báquiros caretos, chigüires, lapas y loros reales, habitan en estos ecosistemas.

Venezuela posee dentro su legislación ambiental una normativa que tiene como único objetivo la protección y el uso racional de las comunidades de morichal. El Decreto N°846 promulgado en abril de 1990, establece las Normas para la Protección y restauración de Morichales (Gaceta Oficial 1990).

7. Manglares: Los bosques de manglares son formaciones intermareales marinas y estuarinas, que pueden desarrollarse tanto a orillas del mar como en ambientes fluviales a decenas de kilómetros río arriba. Las especies que los conforman tienen la capacidad de vivir en ambientes salinos y salobres, con tolerancia a sumersiones periódicas y sobre suelos poco desarrollados (Conde y Alarcón, 1993; Conde y Carmona - Suárez, 2003).

En el dominio continental de Venezuela, las áreas de manglar están circunscritas a dos unidades geomorfológicas: lagunas costeras y planos aluviales expuestos a las mareas. En los planos aluviales pueden distinguirse tres unidades: 1) las de deposición sedimentaria marina, como en la ciénaga de Los Olivitos, golfo de Morrocoy y golfo de Paria; 2) pantanos deltaicos con deposición marino -fluvial, como el río San Juan y el golfo de Paria; y 3) deltas pantanosos con deposición predominante aluvial, como en el delta del Orinoco (Conde y Alarcón, 1993).

Los manglares proveen importantes servicios ecosistémicos a la sociedad, destacando su capacidad de prevenir la erosión costera y su alta productividad biológica que sustenta a peces, moluscos, crustáceos y otros invertebrados. Junto con los arrecifes de coral y las praderas marinas dominadas por la planta acuática *Thalassia testudinum*, los manglares son los ecosistemas marinos de mayor importancia para la fauna costera del mundo. Se considera que gran parte de las pesquerías dependen del manglar y de su capacidad para producir nutrientes orgánicos y servir de criaderos (Aburto-Oropeza y col. 2008).

En el ámbito nacional, los bosques de manglares se encuentran bajo la condición de preocupación menor. No obstante, a nivel estatal la formación está en peligro crítico en los estados Aragua y Yaracuy, y en peligro en los estados Anzoátegui, Carabobo, Dependencias Federales, Falcón, Miranda, Nueva Esparta, Trujillo y Zulia. Por su parte, los bosques de manglares de los estados Monagas y Sucre están bajo la condición de vulnerable. Para el estado Delta Amacuro el riesgo de amenaza es de preocupación menor (Rodríguez y col. 2010).

Los bosques de manglares en Venezuela están sujetos a presiones de diferente índole, dependiendo de su ubicación. Aquellos en Miranda, Carabobo, Aragua, Zulia, Falcón y Anzoátegui han sido transformados por construcciones de urbanizaciones residenciales turísticas, marinas, complejos industriales, extracción de madera, construcción de presas, instalación de camaroneras, extracción industrial de sal y contaminación asociada al uso de agroquímicos, por actividades agropecuarias, manejo de instalaciones y derrames petroleros (Conde y Carmona-Suárez, 2003, Lentino y col. 2005; Casler y Castellano 2008).

Como parte del marco legal que protege los ecosistemas de manglar en Venezuela se incluye un instrumento específico como lo es las Normas para la Protección de los Manglares y sus Espacios Vitales Asociados (Venezuela, 1991), y luego otros como la Ley de los Espacios Acuáticos e Insulares (Venezuela, 2001) y la Ley de Zonas Costeras (Venezuela, 2001).

8. Arrecifes de coral: Los arrecifes coralinos constituyen y sostienen las comunidades más complejas del medio marino, debido a la gran diversidad de los factores físicos y los procesos biológicos que ocurren en ellos. Así, los arrecifes coralinos representan comunidades de aguas someras tropicales, en cuya estructura calcárea habita una asociación diversa de plantas y animales, ya que funciona como refugio, zona de alimentación, cría, reproducción y asentamiento larval e incluso sustrato duro para muchas especies (Glynn, 1996). Esto determina que estos ambientes sean considerados dinámicos y de gran interés biológico debido a la gran

diversidad de organismos que se encuentran asociados a ellos y por todas la interacciones y procesos que allí ocurren (Ruiz, Méndez, Prieto, Marín y Fariña, 2003).

Las comunidades coralinas se consideran como las de mayor productividad biológica y están constituidas por una asociación de especies de diferentes grupos que viven en nichos ecológicos variados, formando una compleja trama de interacciones físicas y biológicas. Dos tipos principales de hábitats ofrecen los arrecifes, uno el de los mismos organismos sésiles (biotopos) constructores de los arrecifes como son los corales, esponjas, octocorales, macroalgas, etc. El otro hábitat corresponde al ambiente abiótico de los sedimentos y masas de agua arrecifales. En estos hábitats confluyen los más diversos phyla de invertebrados y peces, tales como crustáceos (langostas, camarones, cangrejos, etcétera), moluscos (bivalvos, gastrópodos, nudibranchios, poliplacóforos), equinodermos, anélidos, sipuncúlidos, briozoarios, medusas, anémonas, y peces como góbidos, blénidos, clínidos, serránidos (meros), lutjanidos (pargos), escáridos (loros), Holocántidos y pomacántidos (cachamas), acantúridos (cirujanos), pomacéntridos (damiselas), esfiraénidos (barracudas), aulostomidos (trompetas) y muraenidos (morenas), entre otros (Villamizar, 2003).

La alta diversidad y productividad de los arrecifes de coral, los colocan como un importante recurso pesquero y turístico, adicionalmente, estos ecosistemas desempeñan un relevante papel en el balance de masas geoquímica de los océanos y constituyen una barrera contra la erosión litoral (Villamizar, 2003).

Por su ubicación privilegiada en la costa norte de Suramérica y en la zona tropical, los fondos marinos de Venezuela presentan corales y arrecifes de coral en numerosas zonas, siendo las islas de la región central y centro-occidental las de mayor desarrollo y diversidad arrecifal. Sin embargo, diversos reportes indican que en la actualidad estos sistemas se encuentran muy afectados por diversas causas de origen natural, aunado al aumento de las actividades antrópicas, destacando el cambio climático global, las altas tasas de sedimentación, anclaje en los arrecifes, pesca

descontrolada y descarga de aguas dulces contaminadas de origen doméstico o industrial. Adicionalmente la falta de educación y el poco sentido de pertenencia por nuestros arrecifes ha generado que en muchas de las comunidades que conforman estos ambientes, se presente una reducción en la riqueza y abundancia de grupos de organismos asociados a los mismos, e incluso un cambio en el tipo de sustrato (Villamizar, 2000). Estas variaciones tienen importantes consecuencias en la biología de cada especie, así como en el proceso de sucesión ecológica de la comunidad arrecifal (Glynn, 1996).

2.3 Fundamentos Legales

El presente trabajo representa una herramienta para los estudios de impacto ambiental, consagrados en el artículo N°129 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (Gaceta Oficial N° 36.860 de fecha 30 de diciembre de 1.999), el cual establece que todas las actividades capaces de generar daños a los ecosistemas deben ser previamente acompañadas de un estudio de impacto ambiental y sociocultural. En el caso particular de los impactos sobre la diversidad de especies se debe considerar lo estipulado en la Ley de Gestión de la Diversidad Biológica (promulgada el 1 de diciembre de 2008 en la Gaceta Oficial N° 39.070).

La Ley Orgánica del Ambiente (Gaceta Oficial N° 5.833 del 22 de diciembre de 2006), según su artículo N° 85, establece que el estudio de impacto ambiental y sociocultural constituye uno de los instrumentos que sustenta las decisiones ambientales, comprendiendo distintos niveles de análisis, de acuerdo con el tipo de acción de desarrollo propuesto. La norma técnica sobre evaluación ambiental de actividades susceptibles de degradar el ambiente (Decreto N° 1257; Gaceta Oficial N° 35.946 de fecha 25 de abril de 1996) regulará lo dispuesto en este artículo, a través de los procedimientos conforme a los cuales se realizaran dichos estudios.

III. Marco Metodológico

El diseño de la función de transformación propuesta en la presente investigación se llevó a cabo a partir de la información obtenida de un panel de expertos siguiendo el método Delphi, como herramienta de consenso en la modalidad de encuestas. En tal sentido, la investigación fue descriptiva y “de campo” (Ramírez, 2007) y se aplicó el método de muestreo no probabilístico tipo preferencial (Cea y Ancona, 1996).

En el presente capítulo se describen, el procedimiento para la construcción de la función de transformación a través del método Delphi, los instrumentos de recolección de datos empleados y el tratamiento estadístico implementado.

3.1 Procedimiento para la Construcción de las Funciones de Transformación

El procedimiento para construir la función de transformación recomienda la utilización de la técnica Delphi, la cual consiste en un método de consulta a expertos para concertar la opinión sobre la transformación de valores obtenidos científicamente a valores de calidad ambiental. Esta metodología conlleva a obtener información de los que más saben sobre un tema en particular a través de encuestas, permitiendo la retroalimentación y por lo tanto la reconsideración de opinión hasta alcanzar el consenso.

Resulta importante destacar que dicha metodología ya ha sido estandarizada para este tipo de investigación por diversos investigadores como Dee y col. (1972), Mendoza - Puga (2001), Gómez Orea (2002), Garmendia (2006), Marín (2006), Melone (2007), Pereira (2007) y Méndez (2009), quienes indican que su uso es conveniente cuando la información científica que se dispone no es suficiente, bien porque se pretenda implantar una nueva tecnología para la que no existan datos previos, o bien porque con los datos objetivos que se dispone no se tiene un conocimiento suficiente de cómo se obtuvieron.

La consulta a expertos ofrece una información más contrastada que si únicamente se consultara a una persona, y siempre es más difícil que un grupo pueda olvidar algo que pudiera ser importante. Es por esto que se recurre al método Delphi como técnica de consenso, asumiendo que el juicio colectivo es distinto al individual y muchas veces más preciso, dando una visión más cercana a la realidad, disminuyendo de esa manera la subjetividad inherente al método (Ramos , 2004).

Además de las razones anteriormente expuestas, el método Delphi, entre las técnicas de consenso, hasta ahora ha sido una de la más utilizadas y recomendada en la literatura, en diversos estudios y disciplinas, por lo que sus resultados garantizan el consenso de un conjunto de especialistas.

3.1.1 Fundamentos del Método

La esencia de la técnica es bastante sencilla, comprende el envío de una serie de cuestionarios diseñados para obtener y desarrollar respuestas individuales de un grupo seleccionados de expertos a un problema específico. Al enterárseles de los resultados de la ronda inmediatamente anterior, se permite a los expertos en cualquier etapa del estudio, replantear sus puntos de vista, a fin de generar convergencia de opiniones tomando en cuenta el conjunto de las respuestas de los participantes del estudio.

Entre las principales características del Método se encuentran las siguientes:

- Anonimato: uno de los problemas del método de reunión de expertos “cara a cara” es que sus opiniones están propensas al llamado efecto “líder” haciendo que los resultados se acerquen más a las opiniones de los miembros de mayor experiencia o a los más agresivos del panel. Por eso, es conveniente que ninguno de los expertos se conozca entre sí, para no permitir la influencia de ningún experto sobre otro. Esto se logra cuando los participantes responden por escrito los cuestionarios separadamente y sus opiniones son recogidas de forma anónima por el coordinador del estudio. Las ventajas de esta

metodología es que mantiene la confidencialidad en la encuesta, se reduce la inhibición de los participantes y se obtiene una opinión más real de cada experto.

- Iteración y retroalimentación controlada: el proceso de iteración consiste en la devolución del cuestionario a cada uno de los participantes con la información estadística de lo que han respondido los otros participantes del panel después de cada una de las rondas, a fin de que puedan revisar sus respuestas iniciales, analizando los pro y contra de las opiniones de los demás y de la suya propia. Con esta información, el experto puede mantener su opinión o modificarla en cualquier parte del proceso.
- Respuesta del grupo en forma estadística: la información que se presenta a los participantes debe expresar el grado de consenso alcanzado en cada ronda; esto se logra analizando estadísticamente los resultados, una vez valoradas las opiniones de los expertos, comparándolos con criterios de consenso previamente establecidos. Frecuentemente se prefiere la mediana y el recorrido intercuartílico como medida de consenso y dispersión respectivamente.

3.1.2 Esquema del Diseño Metodológico

Mendoza Puga (2001), representa la estructura básica del método Delphi en la construcción de una función de transformación para un estudio de impacto ambiental. En la figura N° 2 se muestra el diagrama general seguido para alcanzar el consenso en la elaboración de varias funciones de transformación. Hace énfasis en la constante interacción que debe haber, entre los participantes y el coordinador del estudio e incluso la obligación a cambiar el esquema del cuestionario, cuando los expertos, normalmente en la primera ronda, hacen sugerencias sobre la inclusión de nuevas variables y escalas de valor.

En la presente investigación se siguió la estructura básica del método Delphi, a través de la siguiente secuencia de pasos:

- Selección de parámetros ambientales y escalas de valor para el diseño del primer cuestionario.
- Selección de expertos y envío del primer cuestionario.
- Procesamiento estadístico de la información recibida por los especialistas y envío del segundo cuestionario con los resultados de la primera ronda.
- Análisis e interpretación de datos.
- Construcción de las curvas de calidad ambiental para diversidad de especies en distintas comunidades bióticas de Venezuela.
- Validación de la curva en un estudio de impacto ambiental, mediante la comparación de los resultados obtenidos en la valoración de impactos sobre la diversidad de especies.

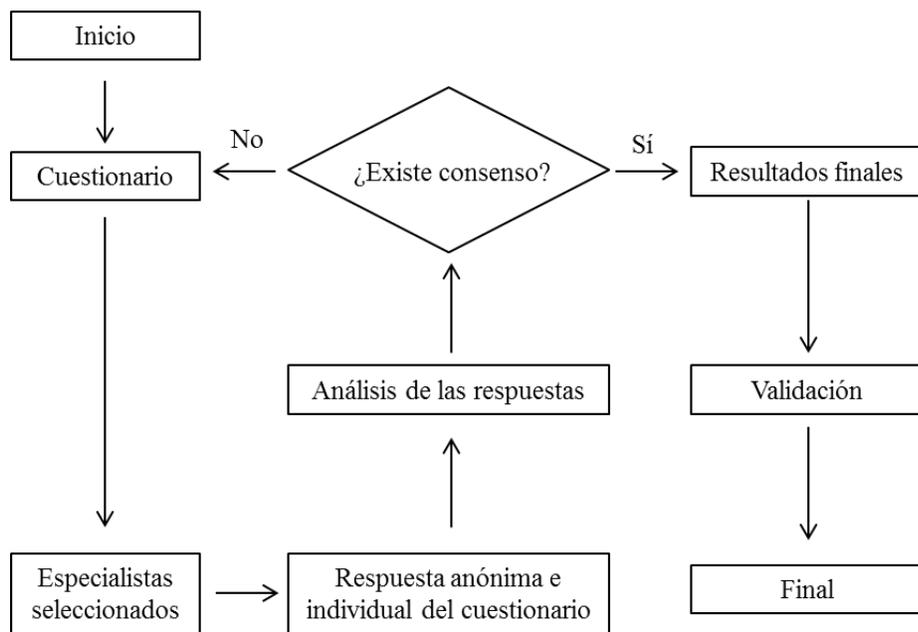


Fig. N° 3. Esquema del proceso Delphi.

Fuente: Tomado y modificado de Mendoza - Puga (2001).

Tanto la selección de los parámetros a considerar en el primer cuestionario como la selección de los expertos que participaran en la encuesta representan decisiones fundamentales del estudio.

Variables y parámetros ambientales considerados

Como se explicó en Capítulo N° 2, en los estudios de impacto ambiental la caracterización del componente biótico se estudia comúnmente a nivel de comunidades, a través del uso de propiedades emergentes que sinteticen los aspectos más importantes de su estructura, entre ellas se tiene la diversidad de especies, el cual representa el factor de estudio de la presente investigación.

Se han propuesto distintos coeficientes para calcular la diversidad de una comunidad, los más comunes consideran la riqueza de especies y la equidad de los individuos presentes entre las mismas, sin embargo, en la caracterización biológica de los estudios de impacto ambiental pocas veces se llega a estimar la abundancia relativa de las especies presentes en el área del proyecto; en tal sentido, el número o riqueza de especies representa el principal indicador de la diversidad de las comunidades estudiadas.

En la presente investigación se sometieron a consideración del panel de expertos distintos parámetros que relacionan la riqueza de especies con la calidad ambiental: complejidad, dinámica sucesional, especies relevantes y flujo de la materia y energía de las comunidades, ciclo de nutrientes y acumulación de carbono, los cuales se encuentran definidos en la tabla N° 2 sobre la operacionalización de las variables.

Sin embargo, la riqueza de especies no puede ser considerado un indicador de calidad ambiental generalizado, ya que depende del tipo de comunidad biótica que se estudia. Por lo cual, en esta investigación la relación matemática de dichos parámetros con la riqueza de especies para la construcción de las curvas de calidad ambiental se evaluó en distintos tipos de comunidades bióticas de Venezuela, a través

del método Delphi. Las comunidades seleccionadas a partir de criterios como riesgo de eliminación, singularidad, utilidad social y protección legal, fueron las siguientes: bosques siempreverdes per se, bosques nublados, bosques deciduos, arbustales espinosos, herbazales, morichales, manglares y arrecifes de coral. No obstante, la metodología desarrollada en este estudio puede servir como basa para elaborar funciones de transformación para una región dada o de aplicación local para un proyecto específico.

Tabla N° 2 Operacionalización de las Variables

Objetivos	Variable	Dimensión	Indicadores
<p>1) Determinar y ponderar los parámetros que relacionen la diversidad de especies con la calidad ambiental.</p>	<p>Parámetros de Diversidad: componentes de la variedad de especies animales y vegetales de un ecosistema determinado que pueden aparecer en una expresión matemática y cuyos distintos valores dan distintos casos en un problema. En esta investigación dichos casos se expresan en función de la calidad ambiental.</p>	<p>Comunidad: grupos de poblaciones interdependientes de plantas y animales, que abarca la porción biótica de un ecosistema determinado.</p>	<p>Validación y ponderación de los parámetros sometidos a consideración del panel de expertos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Complejidad: robustez de la estructura trófica de una comunidad. - Dinámica sucesional: esquema continuo, direccional y no estacional de colonización y extinción de las poblaciones de especies en una localidad. - Especies relevantes: especies endémicas, protegidas, emblemáticas, comerciales y/o claves - Flujo de la materia y energía de las comunidades: productividad primaria y secundaria. La productividad primaria es la tasa con que la biomasa es producida por unidad de superficie por parte de las plantas, y la productividad secundaria es la producción de biomasa de los heterótrofos. - Ciclo de nutrientes: movimiento e intercambio de materia orgánica e inorgánica para regresar a la producción de materia viva - Acumulación de carbono: sumidero de carbono, que absorbe el carbono de la atmosfera y contribuye a reducir la cantidad de CO2 del aire.

Objetivos	Variable	Dimensión	Indicadores
2) Establecer la función matemática que regirá el rango de comportamiento entre la diversidad de especies y la calidad ambiental en distintos tipos de comunidades bióticas de Venezuela.	Función de transformación: relaciona la magnitud de un factor ambiental y la calidad ambiental, expresando esta última en función de aquella, o bien expresando el impacto producido en función de la magnitud en unidades homogéneas.	Curvas de Calidad Ambiental: es la representación gráfica de la relación entre el indicador de un factor (abscisas) y la calidad ambiental (ordenadas).	Relación numérica entre los parámetros seleccionados y la calidad ambiental (tendencia de la curva) en distintos tipos de comunidades bióticas de Venezuela.

Fuente propia

Los indicadores de las variables fueron medidos de acuerdo a las siguientes escalas:

- Los indicadores de la variable asociada a los parámetros de diversidad tienen una escala combinada entre nominal y ordinal, ya que en primera instancia, cada elemento es considerado como una etiqueta, teniendo medidas como: “sí” o “no” relaciona la diversidad de especies con la calidad ambiental; y posteriormente, los indicadores seleccionados son calificados y jerarquizados.
- La variable correspondiente a la función de transformación tiene una escala ordinal, ya que los parámetros serán valorados numéricamente desde un punto de vista de calidad ambiental en rangos establecidos de número de especies.

Selección de los Expertos

La selección de los especialistas en un estudio Delphi es un factor importante a considerar. El que sean expertos o especialistas deber ser una de las condiciones de partida. Porque su conocimiento en el tema de estudio, le confiere la autoridad necesaria para que sus opiniones sean tomadas en cuenta respetando siempre su

independencia de criterio. Los expertos o panelistas fueron seleccionados tomando como base la experiencia en evaluación de impactos sobre comunidades bióticas en Venezuela.

El panel de expertos estuvo conformado por una población de profesionales pertenecientes a universidades, institutos de investigación, consultoras ambientales y entes gubernamentales con competencia ambiental distribuidos en Venezuela. En tal sentido, el muestreo que se aplicó es no probabilístico tipo intencional (Cea y Ancona, 1996) y multiplicador (bola de nieve), debido a que algunos panelistas recomendaron a otros expertos.

En total participaron 11 expertos (Tabla N° 3). Según Ziglio (1996), la muestra de expertos debe estar entre 10 y 15 individuos para obtener resultados consistentes, siendo 7 el número mínimo exigible (Landaeta, 1999).

Tabla N° 3 Panel de expertos

N°	Nombre	Profesión Especialidad	Ámbito de trabajo	Ubicación
1	Joaquín Benítez	Ingeniero Agrónomo	Docencia, Investigación, Consultoría	UCAB, Caracas CAURA, Caracas
2	María Izaguirre	Licenciada en Educación	Docencia, Investigación	UCAB, Caracas
3	Ismael Hernández	Biólogo - Ecólogo	Docencia, Investigación, Consultoría	UCV, Caracas
4	Laila Iskandar	Ingeniero Agrónomo	Docencia Consultoría ambiental	UCAB, Caracas
5	Gonzalo Peña	Ingeniero Forestal	Consultoría ambiental	HIDROMET, Caracas
6	Eduardo Cudisevich	Ingeniero Agrónomo	Consultoría ambiental	Independiente, Caracas
7	Gabriel Blanco	Ingeniero Forestal	Consultoría ambiental	Independiente, Caracas
8	Carmen Senior	Biólogo - Ecólogo	Consultoría ambiental	Y&V, Caracas

9	Luis Hernández	Biólogo - Ecólogo	Docencia Investigación	Universidad Maranhão, Brasil
10	Valois González	Biólogo - Ecólogo	Docencia, Investigación	UCV, Caracas
11	Luis Lárez	Biólogo - Ecólogo	Consultoría ambiental	G&L, España

3.2 Instrumentos de Recolección de datos

Como se mencionó anteriormente, la obtención de la información requerida para esta investigación se realizó utilizando el método Delphi, como herramienta de consenso en la modalidad de envío de cuestionarios a los expertos.

El objetivo principal del cuestionario DELPHI, es el de obtener un nivel de consenso sobre determinadas tendencias, basándose en las opiniones calificadas de personas que por sus conocimientos y experiencias abarquen en conjunto un campo lo más amplio y diversificado posible, de manera así, de obtener una visión integrada del factor en estudio. En esta investigación se aplicaron dos cuestionarios, en el primero se pidió a los expertos la información requerida para el estudio y el segundo cuestionario para retomar los puntos de aparente desacuerdo con los resultados preliminares. Este segundo cuestionario permite alcanzar el consenso o confirmar los puntos en los que no es posible unificar las conclusiones.

3.2.1 Primer Cuestionario

El propósito del primer cuestionario fue determinar y ponderar los parámetros que relacionan la diversidad de especies con la calidad ambiental en distintos tipos de comunidades bióticas de Venezuela. Este cuestionario estaba conformado por dos (2) preguntas:

- 1) Con la primera pregunta, se buscaba establecer la importancia que tienen cada uno de los parámetros relacionados con la Diversidad de Especies: complejidad, dinámica sucesional, especies relevantes y flujo de la materia y energía de las comunidades, ciclo de nutrientes y acumulación de carbono, en

cuanto a su contribución a la calidad global del ambiente. Para ello se solicitó a los expertos que asignaran a cada parámetro, un peso ponderado, expresado en unidades de importancia (UI), de manera tal, que la suma de todos los parámetros fuera igual a 100 UI.

- 2) En la segunda pregunta, se pidió valorar la calidad ambiental de distintas comunidades bióticas en Venezuela, a partir del efecto que tiene la riqueza de especies sobre cada uno de los parámetros seleccionados. Las comunidades bióticas consideradas fueron las siguientes: bosques siempreverdes per se, bosques nublados, bosques deciduos, arbustales espinosos, herbazales, morichales, manglares y arrecifes de coral. Los cuales fueron seleccionados tomando en cuenta los siguientes criterios: riesgo de eliminación, singularidad, utilidad social y protección legal. En este caso, se pidió calificar para cada parámetro la calidad ambiental en una escala del 0 al 10: cero (0) para la peor y diez (10) para la mejor condición ambiental.

En el anexo A.1 se muestra el modelo completo del primer cuestionario aplicado en este trabajo.

3.2.2 Segundo Cuestionario

Una vez regresado el primer cuestionario, se realizó el estudio estadístico, se envió el segundo a los especialistas participantes con las observaciones y sugerencias efectuadas por ellos en el primer cuestionario. En el anexo A.2 se muestra el modelo completo del segundo cuestionario aplicado.

3.3 Análisis e Interpretación de los Datos

La técnica Delphi plantea que en la primera ronda de encuesta puede existir cierta dispersión en las respuestas de los expertos, pero a medida que avanza el proceso de retroalimentación, y al disponer de la estadística y las opiniones de la primera ronda, la dispersión en las respuestas tiende a disminuir y alcanzar un mayor grado de consenso (Dalkey, 1969). Para favorecer el grado de consenso en cada

ronda, se utilizó la mediana como medidas de tendencia central, y la desviación intercuartilica (RIC) como medida de dispersión.

La información que se presentó a los expertos en la segunda ronda incluyó el grado de consenso alcanzado en los resultados del primer cuestionario, mediante un análisis estadístico comparativo de sus resultados con la mediana y la dispersión respecto al resto del panel.

IV. Resultados

En este capítulo se presenta un resumen de los resultados de las encuestas realizadas, en el cual se incluye tanto el análisis estadístico como la opinión de los expertos en los dos (2) cuestionarios implementados a través del método Delphi y la función de transformación para la diversidad de especies resultante de este estudio con cada una de sus variantes asociadas al tipo de comunidad biótica considerada.

4.1 Primer Cuestionario

Con el primer cuestionario se obtuvo la opinión preliminar de los especialistas sobre la relación numérica entre la diversidad de especies y la calidad ambiental en distintos tipos de comunidades bióticas de Venezuela, a través de dos (2) preguntas.

4.1.1 Primera Pregunta

En la primera pregunta² se sometieron a consideración del panel de expertos un conjunto de parámetros que relacionan la diversidad de especies con la calidad ambiental y se les pidió que los ponderaran, distribuyendo 100 puntos de acuerdo a su importancia relativa.

Los parámetros propuestos fueron validados por todo el panel de expertos, resultando más importantes en cuanto a su contribución con la calidad del ambiente la complejidad y la dinámica sucesional de la comunidad (Tabla N° 4)

² Distribuya 100 puntos entre los siguientes parámetros afectados por la pérdida de diversidad de especies, de tal forma que el puntaje represente la importancia relativa, que para usted tenga cada parámetro, en cuanto a la calidad global del ambiente.

Tabla N° 4 Importancia relativa de los parámetros que relacionan la diversidad de especies con la calidad ambiental.

Parámetros	Mediana	Cuartil 1	Cuartil 3	RIC
Complejidad de la comunidad (robustez de la estructura trófica)	25	20	28,75	8,75
Esquema de la comunidad en el tiempo (dinámica sucesional de la comunidad)	20	15	20	5
Especies relevantes (especies endémicas, protegidas, emblemáticas, comerciales, claves)	15	10	17,5	7,5
Flujo de materia y energía en las comunidades (productividad primaria y secundaria)	15	15	15	0
Ciclo de nutrientes (almacenamiento y reciclaje de nutrientes)	15	15	18,75	3,75
Acumulación de carbono (potencialidad de secuestrar carbono)	10	10	13,75	3,75
Total	100			

Observaciones realizadas por los especialistas en la primera pregunta:

- Creo que los dos últimos parámetros (nutrientes y carbono) están muy relacionados y pareciera que miden en alguna medida lo mismo. Entendiendo que la mayoría de las categorías del parámetro de Especies Relevantes no se vinculan necesariamente con la diversidad, como por ejemplo la categorización de emblemáticas, quizá estudiaría la posibilidad de eliminar este parámetro.
- Agregaría los parámetros equilibrio de los ecosistemas y pérdida de la variabilidad genética intraespecífica.
- La acumulación de carbono es parte del ciclo de nutrientes, y a su vez ambas forman parte del flujo de materia. Creo que el flujo de materia y energía engloba al ciclo de nutrientes y el secuestro de carbono, así que las dos últimas las considero redundantes.
- El primer parámetro es un indicador complejo y síntesis, que engloba, directa o indirectamente, múltiples variables. Por este carácter influye sobre varios

de los otros parámetros. Los parámetros seleccionados, no son independientes. Hay estrechas interrelaciones entre ellos: unos afectan a otros y a su vez, estos afectan a los primeros. Por ejemplo, la complejidad de la comunidad, y la dinámica sucesional, tienen relaciones bidireccionales, con el flujo de materia y energía, y con el ciclo de nutrientes.

- El parámetro Acumulación de Carbono, depende, en buena parte de la dinámica de varios de los parámetros previos.
- Los últimos parámetros yo los agruparía en uno sólo, como flujo de materia y energía. Agregaría parámetros asociados a la estructura de la formación vegetal, medidos por ejemplo en tipos de hábitos de crecimiento, número de estratos, cobertura del suelo o servicios del ecosistema. También agregaría algún parámetro relacionado con la importancia como nicho de fauna, medido en términos de reproducción, alimentación o protección por ejemplo.
- Incluiría parámetros relacionados con el aporte a la calidad del agua, suelo y aire. Potencial turístico.

4.1.2 Segunda Pregunta

En la segunda pregunta³ se valoró la calidad ambiental de ocho (8) comunidades bióticas de Venezuela: bosques siempreverdes *per se* (Tabla N° 5), bosques nublados (Tabla N° 6), bosques deciduos (Tabla N° 7), arbustales espinosos (Tabla N° 8), herbazales (Tabla N° 9), morichales (Tabla N° 10), manglares (Tabla N° 11) y arrecifes de coral (Tabla N° 12) a partir del efecto que tiene la riqueza de especies sobre cada uno de los parámetros considerados en la primera pregunta.

³ Califique la calidad ambiental relacionada con la diversidad de especies para cada una de las comunidades bióticas indicadas, utilizando la escala numérica del 0 al 10 para cada uno de los siguientes componentes, donde la mayor y mejor calidad ambiental corresponde a la mayor calificación.

Tabla N° 5 Valoración de la calidad ambiental de un bosque siempreverde *per se* de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-A)

Parámetros	Respuestas	Número de especies en un bosque siempreverde <i>per se</i> de Venezuela					
		0	40	80	120	160	200
Complejidad de la comunidad	Mediana	0	2	4	6	8	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	4,5	6,25	7,25	8	10
	RIC	0	2,5	2,25	1,25	0	0
Dinámica sucesional	Mediana	0	4,5	6	8	9	10
	Primer Cuartil	0	4	5,75	7,5	8	10
	Tercer Cuartil	0	6	7	8	9	10
	RIC	0	2	1,25	0,5	1	0
Especies relevantes	Mediana	0	2	5	8	8	10
	Primer Cuartil	0	2	5	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	4	6	8	9,5	10
	RIC	0	2	1	2	1,5	0
Flujo de materia y energía	Mediana	0	2	4	6	8	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	4	5,25	6,5	8	10
	RIC	0	2	1,25	0,5	0	0
Ciclo de nutrientes	Mediana	0	3,5	4,5	6	8	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	5,25	7,25	8	8,25	10
	RIC	0	3,25	3,25	2	0,25	0
Acumulación de carbono	Mediana	0	3,5	4,5	6	8	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	5,25	7	7,25	8,25	10
	RIC	0	3,25	3	1,25	0,25	0

Tabla N° 6 Valoración de la calidad ambiental de un bosque nublado de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-B)

Parámetros	Respuestas	Número de especies en un bosque nublado de Venezuela					
		0	40	80	120	160	200
Complejidad de la comunidad	Mediana	0	3,5	4,5	6	8	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	4,5	6,25	8	9,25	10
	RIC	0	2,5	2,25	2	1,25	0
Dinámica sucesional	Mediana	0	4,5	6,5	8	9	10
	Primer Cuartil	0	4	5,75	6,75	8,75	10
	Tercer Cuartil	0	6,25	7,25	8,25	9,25	10
	RIC	0	2,25	1,5	1,5	0,5	0
Especies relevantes	Mediana	0	3	5	7	9	10
	Primer Cuartil	0	3	5	7	9	10
	Tercer Cuartil	0	5,5	6	8,5	10	10
	RIC	0	3,5	1	2	1,5	0
Flujo de materia y energía	Mediana	0	3,5	4	6	8	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	4	5,25	6,5	8,25	10
	RIC	0	2	1,25	0,5	0,25	0
Ciclo de nutrientes	Mediana	0	3,5	5,5	7,5	9	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	4,25	6	8	9	10
	RIC	0	2,25	2	2	1	0
Acumulación de carbono	Mediana	0	3,5	5	7	8,5	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	4,25	6	7,25	9	10
	RIC	0	2,25	2	1,25	1	0

Tabla N° 7 Valoración de la calidad ambiental de un bosque deciduo de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-C)

Parámetros	Respuestas	Número de especies en un bosque deciduo de Venezuela					
		0	40	80	120	160	200
Complejidad de la comunidad	Mediana	0	2	5	7	8	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	3,25	6	8	9	10
	RIC	0	1,25	2	2	1	0
Dinámica sucesional	Mediana	0	4	6	8	9	10
	Primer Cuartil	0	4	5	7	8	10
	Tercer Cuartil	0	4	6	8	9	10
	RIC	0	0	1	1	1	0
Especies relevantes	Mediana	0	2	5,5	7	9	10
	Primer Cuartil	0	2	5	6,75	8	10
	Tercer Cuartil	0	3,25	6,25	10	10	10
	RIC	0	1,25	1,25	3,25	2	0
Flujo de materia y energía	Mediana	0	2	4	6	9	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	3	6	8	10	10
	RIC	0	1	2	2	2	0
Ciclo de nutrientes	Mediana	0	3	5	7	9	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	4	6	8	10	10
	RIC	0	2	2	2	2	0
Acumulación de carbono	Mediana	0	3	5	7	9	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	4	6	8	9	10
	RIC	0	2	2	2	1	0

Tabla N° 8 Valoración de la calidad ambiental de un arbustal espinoso de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-D)

Parámetros	Respuestas	Número de especies en un arbustal espinoso de Venezuela					
		0	40	80	120	160	200
Complejidad de la comunidad	Mediana	0	4	6	9	10	10
	Primer Cuartil	0	3	5	8	9,8	10
	Tercer Cuartil	0	6	7	10	10	10
	RIC	0	3	2	2	0,3	0
Dinámica sucesional	Mediana	0	4	6	8	10	10
	Primer Cuartil	0	3	5	8	9,8	10
	Tercer Cuartil	0	6	7	9	10	10
	RIC	0	3	2	1	0,3	0
Especies relevantes	Mediana	0	3	5,5	8,5	10	10
	Primer Cuartil	0	2	5	7	10	10
	Tercer Cuartil	0	4,5	7,3	9,3	10	10
	RIC	2,5	2,3	2,3	0	0	0
Flujo de materia y energía	Mediana	0	3	5	8	10	10
	Primer Cuartil	0	2	4	7	9,8	10
	Tercer Cuartil	0	6	7	9	10	10
	RIC	0	4	3	2	0,3	0
Ciclo de nutrientes	Mediana	0	5	6	8	10	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	9	10
	Tercer Cuartil	0	6	7	9	10	10
	RIC	0	4	3	3	1	0
Acumulación de carbono	Mediana	0	5	6	8	10	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	9,8	10
	Tercer Cuartil	0	6	7	9	10	10
	RIC	0	4	3	3	0,3	0

Tabla N° 9 Valoración de la calidad ambiental de un herbazal de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-E)

Parámetros	Respuestas	Número de especies en un herbazal de Venezuela					
		0	40	80	120	160	200
Complejidad de la comunidad	Mediana	0	4	7	10	10	10
	Primer Cuartil	0	4	7	10	10	10
	Tercer Cuartil	0	6	8	10	10	10
	RIC	0	2	1	1	0,25	0
Dinámica sucesional	Mediana	0	6	7	8	10	10
	Primer Cuartil	0	4	7	8	9,75	10
	Tercer Cuartil	0	6	8	10	10	10
	RIC	0	2	1	2	0,25	0
Especies relevantes	Mediana	0	4	7,5	9	10	10
	Primer Cuartil	0	3,5	5,75	7,75	10	10
	Tercer Cuartil	0	6,5	8,5	10	10	10
	RIC	0	3	2,75	2,25	0	0
Flujo de materia y energía	Mediana	0	4	6	8	10	10
	Primer Cuartil	0	3	4	7	9	10
	Tercer Cuartil	0	5	9	9	10	10
	RIC	0	2	5	2	1	0
Ciclo de nutrientes	Mediana	0	4	6	8	10	10
	Primer Cuartil	0	4	6	8	9	10
	Tercer Cuartil	0	7	8	8	10	10
	RIC	0	3	2	0	1	0
Acumulación de carbono	Mediana	0	4	6	8	10	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	9	10
	Tercer Cuartil	0	5	7	8	10	10
	RIC	0	3	3	2	1	0

Tabla N° 10 Valoración de la calidad ambiental de un morichal de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-F)

Parámetros	Respuestas	Número de especies en un morichal de Venezuela					
		0	40	80	120	160	200
Complejidad de la comunidad	Mediana	0	5	7	9	9	10
	Primer Cuartil	0	3	6	9	9	10
	Tercer Cuartil	0	7	7	9	10	10
	RIC	0	4	1	0	1	0
Dinámica sucesional	Mediana	0	6	7	8	9	10
	Primer Cuartil	0	5	6	7	9	10
	Tercer Cuartil	0	7	7	9	9	10
	RIC	0	2	1	2	0	0
Especies relevantes	Mediana	0	6,5	9	9,5	10	10
	Primer Cuartil	0	5	7,75	9	9	10
	Tercer Cuartil	0	7	10	10	10	10
	RIC	0	2	2,25	1	1	0
Flujo de materia y energía	Mediana	0	4	6	7	8	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	6	8	9	9	10
	RIC	0	4	4	3	1	0
Ciclo de nutrientes	Mediana	0	4	6	8	9	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	6	8	9	9	10
	RIC	0	4	4	3	1	0
Acumulación de carbono	Mediana	0	4	6	8	8	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	6	8	8	9	10
	RIC	0	4	4	2	1	0

Tabla N° 11 Valoración de la calidad ambiental de un manglar de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-G)

Parámetros	Respuestas	Número de especies en un manglar de Venezuela					
		0	20	40	60	80	100
Complejidad de la comunidad	Mediana	0	5	7	9	10	10
	Primer Cuartil	0	3	6	9	9	10
	Tercer Cuartil	0	8	8	9	10	10
	RIC	0	5	2	0	1	0
Dinámica sucesional	Mediana	0	6	7	8	9	10
	Primer Cuartil	0	3	5	7	9	10
	Tercer Cuartil	0	8	8	9	10	10
	RIC	0	5	3	2	1	0
Especies relevantes	Mediana	0	6	10	10	10	10
	Primer Cuartil	0	4,8	8	9,8	10	10
	Tercer Cuartil	0	8	10	10	10	10
	RIC	0	3,3	2	0,3	0	0
Flujo de materia y energía	Mediana	0	2	6	8	9	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	6	8	9	9	10
	RIC	0	4	4	3	1	0
Ciclo de nutrientes	Mediana	0	5	6	8	9	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	7	7	8	9	10
	RIC	0	5	3	2	1	0
Acumulación de carbono	Mediana	0	5	6	8	9	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	8	9	9	9	10
	RIC	0	6	5	3	1	0

Tabla N° 12 Valoración de la calidad ambiental de un arrecife de coral de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-H)

Parámetros	Respuestas	Número de especies en un arrecife de coral de Venezuela					
		0	40	80	120	160	200
Complejidad de la comunidad	Mediana	0	2	4	6	8	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	6	7	8	9	10
	RIC	0	4	3	2	1	0
Dinámica sucesional	Mediana	0	4	6	7	9	10
	Primer Cuartil	0	4	5	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	7	7	8	9	10
	RIC	0	3	2	2	1	0
Especies relevantes	Mediana	0	4,5	6	7,5	9	10
	Primer Cuartil	0	2	5	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	6,75	7,75	8,5	10	10
	RIC	0	4,75	2,75	2,5	2	0
Flujo de materia y energía	Mediana	0	2	4	6	8	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	4	5	7	9	10
	RIC	0	2	1	1	1	0
Ciclo de nutrientes	Mediana	0	3	5	7	9	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	6	7	8	9	10
	RIC	0	4	3	2	1	0
Acumulación de carbono	Mediana	0	3	5	7	8	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	7	7	8	9	10
	RIC	0	5	3	2	1	0

Tomando en cuenta como criterio aceptable de consenso valores de $RIC \leq 1$ (Mendoza y Puga, 2000) se puede afirmar que no se logro consenso en ninguno de los resultados obtenidos, lo cual era de esperarse en esta primera ronda, con un promedio general del RIC de 1,32. El mayor grado de consenso se obtuvo para la valoración de los bosques siempreverdes con un RIC promedio de 1,04 y la mayor dispersión se presentó la valoración realizada para las comunidades de manglar con un RIC promedio de 1,74.

Comentarios realizados por los especialistas en la segunda pregunta:

- No sé si después de una “sobreabundancia” de especies en algunos ecosistemas las curvas de calidad ambiental puedan bajar.
- Bosque siempreverde: Se encuentran entre los ecosistemas venezolanos con mayor riqueza y complejidad estructural en su estado maduro.
- Bosque nublado: Similar al bosque siempreverde posee una gran diversidad de especies, con gran variedad de hábitos.
- Bosque deciduo: Posee una gran diversidad de especies y es una de los ecosistemas con mayor riesgo de desaparición.
- Arbustal espinoso: El factor agua limita la diversidad de estos ecosistemas, así como la producción primaria y flujo de nutrientes.
- Herbazal: En general los herbazales venezolanos poseen una fuerte dominancia de pocas especies. Factores como agua y nutrientes limitan mayor diversidad.
- Los morichales cuando dominan, presentan pocas especies acompañantes. Sin embargo son grandes productores de materia orgánica.
- Los manglares cuando dominan presentan pocas especies acompañantes, pero son grandes productores de materia orgánica y poseen un papel esencial en el flujo de materia orgánica.
- Los arrecifes coralinos se encuentran entre los ecosistemas más diversos y productivos del mundo.

- Una comunidad marina que podría ser importante para el trabajo sería las praderas de fanerógamas marinas.

4.2 Segundo Cuestionario

En el segundo cuestionario se enviaron los resultados estadísticos del primer cuestionario a los especialistas con la finalidad de ofrecerles la oportunidad de comparar sus respuestas con las del resto del panel y de esta manera propiciar el consenso de opiniones como establece el método Delphi.

4.2.1 Primera Pregunta

En la primera pregunta⁴ se pidió a los especialistas que compararan sus respuestas sobre la importancia de los parámetros validados en el primer cuestionario con las del resto del panel y reconsideraran aquellos valores que presentaban mayor dispersión.

Los resultados reflejan que se mantuvo el mismo orden de importancia de los parámetros afectados por la diversidad de especies en cuanto su contribución con la calidad del ambiente obtenido en la primera ronda, sin embargo, el RIC disminuyó de 4,8 a 0,8, lo cual evidencia un mayor grado de consenso. Particularmente en los parámetros: complejidad, flujo de materia y energía, ciclo de nutrientes y acumulación de carbono el consenso fue total con una valoración unánime (Tabla N° 13).

⁴ Distribuya 100 puntos entre los siguientes parámetros afectados por la pérdida de diversidad de especies, de tal forma que el puntaje represente la importancia relativa, que para usted tenga cada parámetro, en cuanto a la calidad global del ambiente.

Tabla N° 13 Importancia relativa de los parámetros que relacionan la diversidad de especies con la calidad ambiental.

Parámetros	Mediana	Cuartil 1	Cuartil 3	RIC
Complejidad de la comunidad (robustez de la estructura trófica)	25	25	25	0
Esquema de la comunidad en el tiempo (dinámica sucesional de la comunidad)	20	17,5	20	2,5
Especies relevantes (especies endémicas, protegidas, emblemáticas, comerciales, claves)	15	12,5	15	2,5
Flujo de materia y energía en las comunidades (productividad primaria y secundaria)	15	15	15	0
Ciclo de nutrientes (almacenamiento y reciclaje de nutrientes)	15	15	15	0
Acumulación de carbono (potencialidad de secuestrar carbono)	10	10	10	0
Total	100			

4.2.2 Segunda Pregunta

La segunda pregunta⁵ permitió a los especialistas comparar sus respuestas con la estadística del panel y ofrecer sus respuestas definitivas sobre la valoración de la calidad ambiental en ocho (8) tipos de comunidades bióticas de Venezuela: bosques siempreverdes *per se* (Tabla N° 14), bosques nublados (Tabla N° 15), bosques deciduos (Tabla N° 16), arbustales espinosos (Tabla N° 17), herbazales (Tabla N° 18), morichales (Tabla N° 19), manglares (Tabla N° 20) y arrecifes de coral (Tabla N° 21) a partir del efecto que tiene la riqueza de especies sobre cada uno de los parámetros considerados en la primera pregunta. Con la finalidad de buscar consenso se pidió a los expertos que reconsideraran los valores que presentaron mayor dispersión.

⁵ Califique la calidad ambiental de la comunidad biótica, a partir del efecto que tiene la riqueza de especies sobre cada uno de los parámetros indicados en la tabla y utilizando la escala numérica del 0 al 10, donde la mayor calidad ambiental corresponde a la mayor calificación.

Tabla N° 14 Valoración de la calidad ambiental de un bosque siempreverde *per ser* de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-A)

Parámetros	Respuestas	Número de especies en un bosque siempreverde <i>per se</i> de Venezuela					
		0	40	80	120	160	200
Complejidad de la comunidad	Mediana	0	2	4	6	8	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	3	5	6,5	8	10
	RIC	0	1	1	0,5	0	0
Dinámica sucesional	Mediana	0	4,5	6	8	9	10
	Primer Cuartil	0	4,25	6	8	9	10
	Tercer Cuartil	0	4,5	6	8	9	10
	RIC	0	0,25	0	0	0	0
Especies relevantes	Mediana	0	2	5	8	8	10
	Primer Cuartil	0	2	5	7,5	8	10
	Tercer Cuartil	0	2	5	8	8,5	10
	RIC	0	0	0	0,5	0,5	0
Flujo de materia y energía	Mediana	0	2	4	6	8	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	2	4	6	8	10
	RIC	0	0	0	0	0	0
Ciclo de nutrientes	Mediana	0	3,5	4,5	6	8	10
	Primer Cuartil	0	3,25	4,25	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	3,5	4,5	6	8	10
	RIC	0	0,25	0,25	0	0	0
Acumulación de carbono	Mediana	0	3,5	4,5	6	8	10
	Primer Cuartil	0	3,25	4,25	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	3,5	4,5	6	8	10
	RIC	0	0,25	0,25	0	0	0

Tabla N° 15 Valoración de la calidad ambiental de un bosque nublado de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-B)

Parámetros	Respuestas	Número de especies en un bosque nublado de Venezuela					
		0	40	80	120	160	200
Complejidad de la comunidad	Mediana	0	3,5	4,5	6	8	10
	Primer Cuartil	0	3,25	4,25	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	3,75	4,75	6	8	10
	RIC	0	0,5	0,5	0	0	0
Dinámica sucesional	Mediana	0	4,5	6,5	8	9	10
	Primer Cuartil	0	4,25	6,25	8	9	10
	Tercer Cuartil	0	4,5	6,5	8	9	10
	RIC	0	0,25	0,25	0	0	0
Especies relevantes	Mediana	0	3	5	7	9	10
	Primer Cuartil	0	3	5	7	9	10
	Tercer Cuartil	0	3	5	7	9	10
	RIC	0	0	0	0	0	0
Flujo de materia y energía	Mediana	0	3,5	4	6	8	10
	Primer Cuartil	0	2,5	4	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	3,5	4	6	8	10
	RIC	0	1	0	0	0	0
Ciclo de nutrientes	Mediana	0	3,5	5,5	7,5	9	10
	Primer Cuartil	0	3,25	5,25	7,25	9	10
	Tercer Cuartil	0	3,5	5,75	7,75	9	10
	RIC	0	0,25	0,5	0,5	0	0
Acumulación de carbono	Mediana	0	3,5	5	7	8,5	10
	Primer Cuartil	0	3,25	5	7	8,5	10
	Tercer Cuartil	0	3,5	5	7	9	10
	RIC	0	0,25	0	0	0,5	0

Tabla N° 16 Valoración de la calidad ambiental de un bosque decido de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-C)

Parámetros	Respuestas	Número de especies en un bosque decido de Venezuela					
		0	40	80	120	160	200
Complejidad de la comunidad	Mediana	0	2	5	7	8	10
	Primer Cuartil	0	2	4,5	6,5	8	10
	Tercer Cuartil	0	2	5	7	8	10
	RIC	0	0	0,5	0,5	0	0
Dinámica sucesional	Mediana	0	4	6	8	9	10
	Primer Cuartil	0	4	5,5	7,5	9	10
	Tercer Cuartil	0	4	6	8	9	10
	RIC	0	0	0,5	0,5	0	0
Especies relevantes	Mediana	0	2	5,5	7	9	10
	Primer Cuartil	0	2	5,25	7	9	10
	Tercer Cuartil	0	2	5,75	7	9	10
	RIC	0	0	0,5	0	0	0
Flujo de materia y energía	Mediana	0	2	4	6	9	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	8,5	10
	Tercer Cuartil	0	2,5	4,5	6	9	10
	RIC	0	0,5	0,5	0	0,5	0
Ciclo de nutrientes	Mediana	0	3	5	7	9	10
	Primer Cuartil	0	2,5	4,5	6,5	9	10
	Tercer Cuartil	0	3	5	7	9	10
	RIC	0	0,5	0,5	0,5	0	0
Acumulación de carbono	Mediana	0	3	5	7	9	10
	Primer Cuartil	0	2,5	4,5	6,5	9	10
	Tercer Cuartil	0	3	5	7	9	10
	RIC	0	0,5	0,5	0,5	0	0

Tabla N° 17 Valoración de la calidad ambiental de un arbustal espinoso de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-D)

Parámetros	Respuestas	Número de especies en un arbustal espinoso de Venezuela					
		0	40	80	120	160	200
Complejidad de la comunidad	Mediana	0	4	6	9	10	10
	Primer Cuartil	0	4	6	8,5	10	10
	Tercer Cuartil	0	4	6	9	10	10
	RIC	0	0	0	0,5	0	0
Dinámica sucesional	Mediana	0	4	6	8	10	10
	Primer Cuartil	0	4	6	8	10	10
	Tercer Cuartil	0	4	6	8	10	10
	RIC	0	0	0	0	0	0
Especies relevantes	Mediana	0	3	5,5	8,5	10	10
	Primer Cuartil	0	3	5,5	8,125	10	10
	Tercer Cuartil	0	3	5,5	8,5	10	10
	RIC	0	0	0	0,375	0	0
Flujo de materia y energía	Mediana	0	3	5	8	10	10
	Primer Cuartil	0	2,5	4,5	8	10	10
	Tercer Cuartil	0	3	5	8	10	10
	RIC	0	0,5	0,5	0	0	0
Ciclo de nutrientes	Mediana	0	5	6	8	10	10
	Primer Cuartil	0	3	5	7	9,5	10
	Tercer Cuartil	0	5	6	8	10	10
	RIC	0	2	1	1	0,5	0
Acumulación de carbono	Mediana	0	5	6	8	10	10
	Primer Cuartil	0	3	5	7	10	10
	Tercer Cuartil	0	5	6	8	10	10
	RIC	0	2	1	1	0	0

Tabla N° 18 Valoración de la calidad ambiental de un herbazal de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-E)

Parámetros	Respuestas	Número de especies en un herbazal de Venezuela					
		0	40	80	120	160	200
Complejidad de la comunidad	Mediana	0	4	7	10	10	10
	Primer Cuartil	0	4	7	10	10	10
	Tercer Cuartil	0	4,5	7	10	10	10
	RIC	0	0,5	0	0	0	0
Dinámica sucesional	Mediana	0	6	7	8	10	10
	Primer Cuartil	0	6	7	8	10	10
	Tercer Cuartil	0	6	7	8	10	10
	RIC	0	0	0	0	0	0
Especies relevantes	Mediana	0	4	7,5	9	10	10
	Primer Cuartil	0	4	7,25	8,5	10	10
	Tercer Cuartil	0	4	7,5	9	10	10
	RIC	0	0	0,25	0,5	0	0
Flujo de materia y energía	Mediana	0	4	6	8	10	10
	Primer Cuartil	0	4	6	8	10	10
	Tercer Cuartil	0	4	6	8	10	10
	RIC	0	0	0	0	0	0
Ciclo de nutrientes	Mediana	0	4	6	8	10	10
	Primer Cuartil	0	4	6	8	10	10
	Tercer Cuartil	0	4	6,5	8	10	10
	RIC	0	0	0,5	0	0	0
Acumulación de carbono	Mediana	0	4	6	8	10	10
	Primer Cuartil	0	4	6	8	9,5	10
	Tercer Cuartil	0	4	6,5	8	10	10
	RIC	0	0	0,5	0	0,5	0

Tabla N° 19 Valoración de la calidad ambiental de un morichal de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-F)

Parámetros	Respuestas	Número de especies en un morichal de Venezuela					
		0	40	80	120	160	200
Complejidad de la comunidad	Mediana	0	5	7	9	9	10
	Primer Cuartil	0	5	7	9	9	10
	Tercer Cuartil	0	5	7	9	9,5	10
	RIC	0	0	0	0	0,5	0
Dinámica sucesional	Mediana	0	6	7	8	9	10
	Primer Cuartil	0	5,5	6,5	8	9	10
	Tercer Cuartil	0	6	7	8	9	10
	RIC	0	0,5	0,5	0	0	0
Especies relevantes	Mediana	0	6,5	9	9,5	10	10
	Primer Cuartil	0	6,5	9	9,5	10	10
	Tercer Cuartil	0	6,75	9,5	9,75	10	10
	RIC	0	0,25	0,5	0,25	0	0
Flujo de materia y energía	Mediana	0	4	6	7	8	10
	Primer Cuartil	0	3,5	5,5	6,5	8	10
	Tercer Cuartil	0	4	6	7,5	8,5	10
	RIC	0	0,5	0,5	1	0,5	0
Ciclo de nutrientes	Mediana	0	4	6	8	9	10
	Primer Cuartil	0	4	6	8	9	10
	Tercer Cuartil	0	5	6	8	9	10
	RIC	0	1	0	0	0	0
Acumulación de carbono	Mediana	0	4	6	8	8	10
	Primer Cuartil	0	2,5	4,5	6,5	8	10
	Tercer Cuartil	0	4	6	8	9	10
	RIC	0	1,5	1,5	1,5	1	0

Tabla N° 20 Valoración de la calidad ambiental de un manglar de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-G)

Parámetros	Respuestas	Número de especies en un manglar de Venezuela					
		0	20	40	60	80	100
Complejidad de la comunidad	Mediana	0	5	7	9	10	10
	Primer Cuartil	0	5	7	9	10	10
	Tercer Cuartil	0	5,5	7	9	10	10
	RIC	0	0,5	0	0	0	0
Dinámica sucesional	Mediana	0	6	7	8	9	10
	Primer Cuartil	0	5	6	7,5	9	10
	Tercer Cuartil	0	6	7	8	9	10
	RIC	0	1	1	0,5	0	0
Especies relevantes	Mediana	0	6	10	10	10	10
	Primer Cuartil	0	5	10	10	10	10
	Tercer Cuartil	0	6	10	10	10	10
	RIC	0	1	0	0	0	0
Flujo de materia y energía	Mediana	0	2	6	8	9	10
	Primer Cuartil	0	2	5,5	7,5	8,5	10
	Tercer Cuartil	0	3,5	6	8	9	10
	RIC	0	1,5	0,5	0,5	0,5	0
Ciclo de nutrientes	Mediana	0	5	6	8	9	10
	Primer Cuartil	0	4	6	8	8,5	10
	Tercer Cuartil	0	5,5	6,5	8	9	10
	RIC	0	1,5	0,5	0	0,5	0
Acumulación de carbono	Mediana	0	5	6	8	9	10
	Primer Cuartil	0	4,5	6	7,5	9	10
	Tercer Cuartil	0	5	6	8	9	10
	RIC	0	0,5	0	0,5	0	0

Tabla N° 21 Valoración de la calidad ambiental de un arrecife de coral de Venezuela en función de su número de especies (Pregunta 2-H)

Parámetros	Respuestas	Número de especies en un arrecife de coral de Venezuela					
		0	40	80	120	160	200
Complejidad de la comunidad	Mediana	0	2	4	6	8	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	3,5	5	6,5	8,5	10
	RIC	0	1,5	1	0,5	0,5	0
Dinámica sucesional	Mediana	0	4	6	7	9	10
	Primer Cuartil	0	4	5,5	7	9	10
	Tercer Cuartil	0	4	6	7,5	9	10
	RIC	0	0	0,5	0,5	0	0
Especies relevantes	Mediana	0	4,5	6	7,5	9	10
	Primer Cuartil	0	4,25	6	7,25	9	10
	Tercer Cuartil	0	4,75	6	7,75	9	10
	RIC	0	0,5	0	0,5	0	0
Flujo de materia y energía	Mediana	0	2	4	6	8	10
	Primer Cuartil	0	2	4	6	8	10
	Tercer Cuartil	0	2	4	6	8	10
	RIC	0	0	0	0	0	0
Ciclo de nutrientes	Mediana	0	3	5	7	9	10
	Primer Cuartil	0	2,5	4,5	6,5	8,5	10
	Tercer Cuartil	0	3	5	7	9	10
	RIC	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0
Acumulación de carbono	Mediana	0	3	5	7	8	10
	Primer Cuartil	0	2,5	4,5	6,5	8	10
	Tercer Cuartil	0	3	5	7	8	10
	RIC	0	0,5	0,5	0,5	0	0

El segundo cuestionario permitió reducir el promedio general del RIC de 1,32 a 0,21, lo cual permite afirmar bajo el criterio de Mendoza y Puga (2009) que se logró el consenso ($\text{RIC} \leq 1$). De hecho, se logró el consenso en todos los tipos de comunidad; la menor dispersión se alcanzó en las comunidades de herbazal con un RIC de 0,08, lo cual es equivalente a 83% de valores coincidentes.

4.3 Función de Transformación

Para elaborar la curva de transformación se tomaron los resultados obtenidos en el segundo cuestionario, los cuales representan el logro del consenso entre las puntuaciones dadas por el panel de expertos. La integración de las dos (2) preguntas del cuestionario se realiza mediante la multiplicación de cada una de las medianas de calidad ambiental obtenidas en la segunda pregunta por el porcentaje de importancia de los parámetros resultantes de la primera pregunta en los ocho (8) tipos de comunidades bióticas consideradas (Tabla N° 22).

En la figura N° 4 se muestra la curva de transformación para la calidad ambiental global (valores integrados) en función del número de especies presentes en los distintos tipos de comunidades bióticas de Venezuela considerados en el presente estudio.

Tabla N° 22 Calidad ambiental de distintos tipos de comunidades bióticas de Venezuela en función del número de especies presentes

Parámetros	Tipos de comunidad	Calidad ambiental en función del número de especies					
		0	40	80	120	160	200
Complejidad de la comunidad	Bosques siempreverdes <i>per se</i>	0	0,5	1	1,5	2	2,5
	Bosques nublados	0	0,88	1,13	1,5	2	2,5
	Bosques deciduos	0	0,5	1,25	1,75	2	2,5
	Arbustales espinosos	0	1	1,5	2,3	2,5	2,5
	Herbazales	0	1	1,75	2,5	2,5	2,5
	Morichales	0	1,25	1,75	2,25	2,25	2,5
	Manglares	0	0,13	1,8	2,3	2,5	2,5
	Arrecifes de coral	0	0,5	1	1,5	2	2,5
Dinámica sucesional	Bosques siempreverdes <i>per se</i>	0	0,9	1,2	1,6	1,8	2
	Bosques nublados	0	0,9	1,3	1,6	1,8	2
	Bosques deciduos	0	0,8	1,2	1,6	1,8	2
	Arbustales espinosos	0	0,8	1,2	1,6	2	2
	Herbazales	0	1,2	1,4	1,6	2	2
	Morichales	0	1,2	1,4	1,6	1,8	2
	Manglares	0	1,2	1,4	1,6	1,8	2
	Arrecifes de coral	0	0,8	1,2	1,4	1,8	2
Especies relevantes	Bosques siempreverdes <i>per se</i>	0	0,3	0,75	1,2	1,2	1,5
	Bosques nublados	0	0,45	0,75	1,05	1,35	1,5
	Bosques deciduos	0	0,3	0,83	1,05	1,35	1,5
	Arbustales espinosos	0	0,5	0,8	1,3	1,5	1,5
	Herbazales	0	0,6	1,13	1,35	1,5	1,5
	Morichales	0	0,98	1,35	1,43	1,5	1,5
	Manglares	0	0,9	1,5	1,5	1,5	1,5
	Arrecifes de coral	0	0,68	0,9	1,13	1,35	1,5
Flujo de materia y energía	Bosques siempreverdes <i>per se</i>	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5
	Bosques nublados	0	0,53	0,6	0,9	1,2	1,5
	Bosques deciduos	0	0,3	0,6	0,9	1,35	1,5
	Arbustales espinosos	0	0,5	0,8	1,2	1,5	1,5

	Herbazales	0	0,6	0,9	1,2	1,5	1,5
	Morichales	0	0,6	0,9	1,05	1,2	1,5
	Manglares	0	0,3	0,9	1,2	1,4	1,5
	Arrecifes de coral	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5
Ciclo de nutrientes	Bosques siempreverdes <i>per se</i>	0	0,53	0,68	0,9	1,2	1,5
	Bosques nublados	0	0,53	0,83	1,13	1,35	1,5
	Bosques deciduos	0	0,45	0,75	1,05	1,35	1,5
	Arbustales espinosos	0	0,8	0,9	1,2	1,5	1,5
	Herbazales	0	0,6	0,9	1,2	1,5	1,5
	Morichales	0	0,6	0,9	1,2	1,35	1,5
	Manglares	0	0,8	0,9	1,2	1,4	1,5
	Arrecifes de coral	0	0,45	0,75	1,05	1,35	1,5
Acumulación de carbono	Bosques siempreverdes <i>per se</i>	0	0,35	0,45	0,6	0,8	1
	Bosques nublados	0	0,35	0,5	0,7	0,85	1
	Bosques deciduos	0	0,3	0,5	0,7	0,9	1
	Arbustales espinosos	0	0,5	0,6	0,8	1	1
	Herbazales	0	0,4	0,6	0,8	1	1
	Morichales	0	0,4	0,6	0,8	0,8	1
	Manglares	0	0,5	0,6	0,8	0,9	1
	Arrecifes de coral	0	0,3	0,5	0,7	0,8	1
Valor Integrado ⁶	Bosques siempreverdes <i>per se</i>	0	2,88	4,68	6,7	8,2	10
	Bosques nublados	0	3,64	5,11	6,88	8,55	10
	Bosques deciduos	0	2,65	5,13	7,05	8,75	10
	Arbustales espinosos	0	4,1	5,8	8,4	10	10
	Herbazales	0	4,4	6,68	8,65	10	10
	Morichales	0	5,03	6,9	8,33	8,9	10
	Manglares	0	3,83	7,1	8,6	9,5	10
	Arrecifes de coral	0	3,03	4,95	6,68	8,5	10

⁶ El valor integrado corresponde a la suma ponderada de los valores de calidad ambiental para cada riqueza de especies.

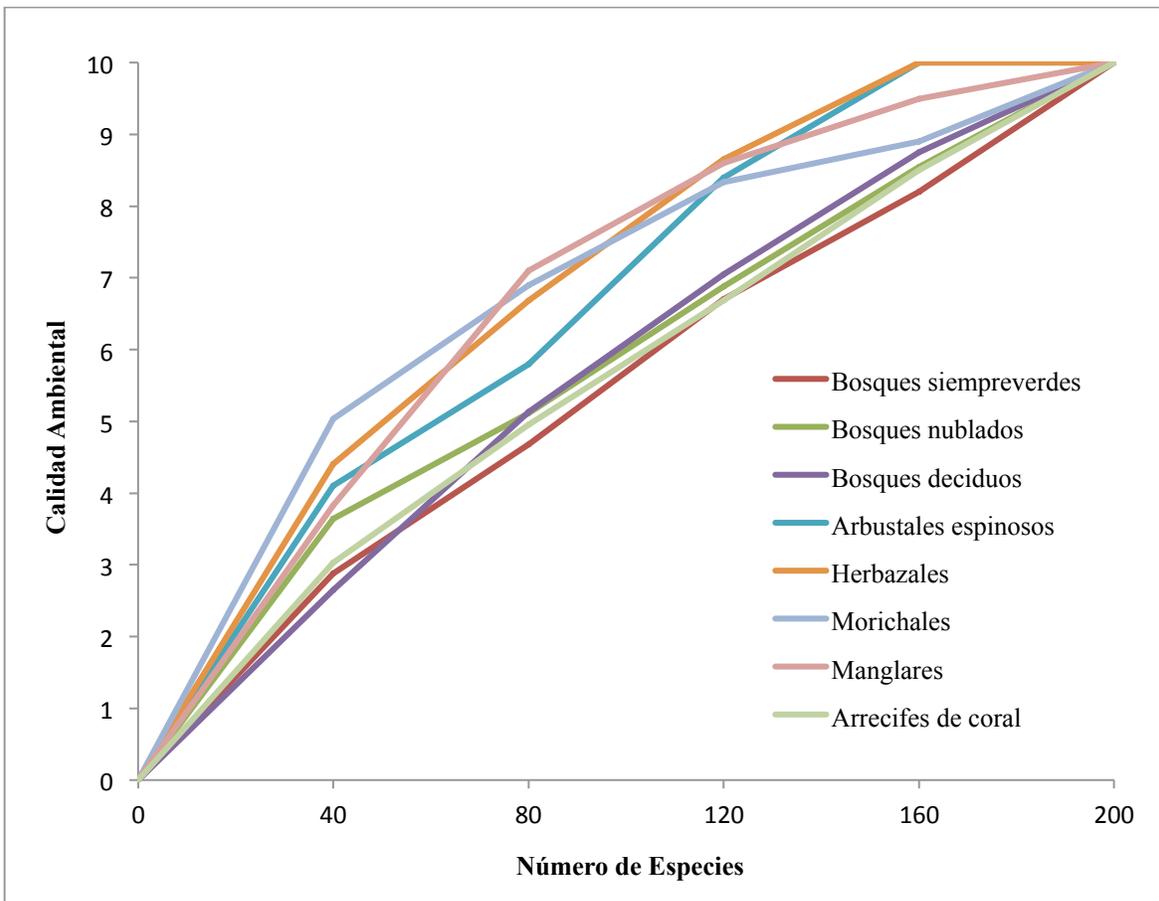


Fig. N° 4 Función de Transformación de Calidad Ambiental vs Diversidad de Especies para distintos tipos de comunidades bióticas en Venezuela.

Como muestra la figura N° 4, las funciones de transformación obtenidas a partir del consenso de los expertos presentan curvas con tendencias lineales a parabólicas y un incremento positivo de la calidad ambiental respecto al número de especies. Sin embargo, se obtuvieron diferencias en la pendiente y forma de las curvas de acuerdo al tipo de comunidad biótica.

Las curvas asociadas a los bosques deciduos, bosques siempreverdes, bosques nublados y arrecifes de coral presentan una mayor linealidad en la relación entre el número de especies y la calidad ambiental, mientras las curvas correspondientes a los arbustales, herbazales, morichales y manglares presentan un rápido crecimiento al pasar de 0 a 40 especies y un lento crecimiento para valores mayores de riqueza. Todas las curvas alcanzan

valores máximos de calidad ambiental al llegar a 200 especies, con excepción de las curvas de arbustales y herbazales, las cuales alcanzaron su máxima valoración de calidad ambiental con 160 especies.

El tercer y último objetivo específico del presente estudio consistió en aplicar esta función de transformación en un estudio real de impacto ambiental y comparar los resultados obtenidos con otro criterio de valoración. Para este fin se seleccionó un proyecto de la consultora ambiental HIDROMET, denominado Estudio de Impacto Ambiental y Sociocultural del Proyecto “Gasoducto Puerto Ordaz – Siderúrgica Nacional”, en el cual se utilizó el método de los criterios relevantes integrados pero sin la aplicación de una función de transformación; en tal sentido la valoración del grado de perturbación asociado al criterio de intensidad de los impactos ambientales se realizó a través del juicio de valor de los especialistas que participaron del estudio.

El área de afectación de dicho proyecto corresponde a la ruta del gasoducto de 120 km, la cual se dividió en cuatro (4) tramos (Fig. N° 4), siendo el sector 4 el que presentó mayor sensibilidad ambiental debido principalmente a la presencia de comunidades de morichal asociados a cuerpos de agua pertenecientes a la cuenca del Río Tocomá. Entre las actividades capaces de afectar al medio, destacaron la deforestación, la apertura de zanjas y los cruces de cuerpos de agua y morichales.

El impacto seleccionado para la aplicación de la función de transformación propuesta en este estudio fue la “afectación de la biodiversidad por deforestación en el tramo 4 durante la construcción”, cuya valoración de impacto ambiental fue de 8,1, correspondiente a “muy alta” (Tabla N° 23)

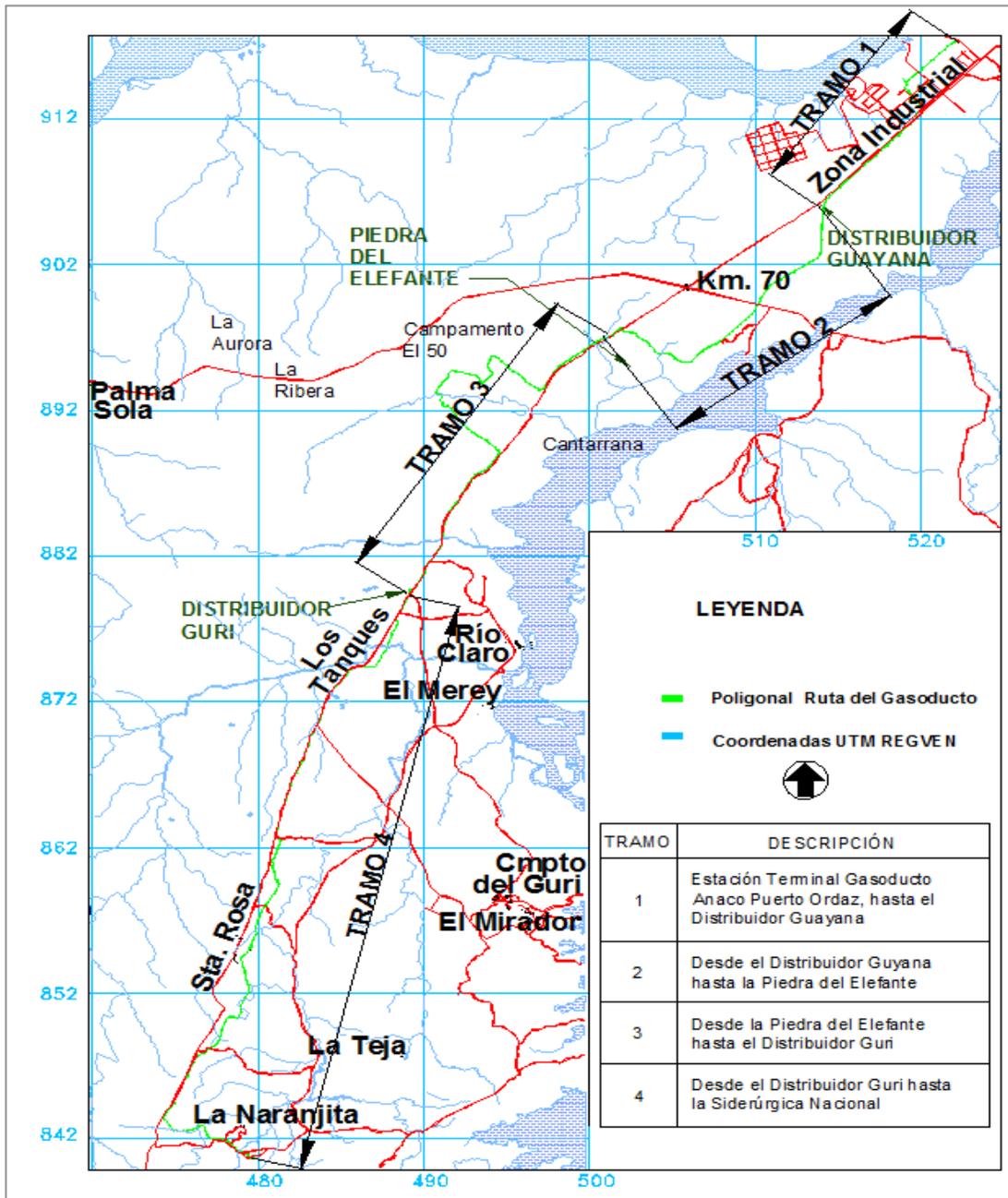


Fig N° 5 Tramos de la ruta del gasoducto.

Fuente: Hidromet Consultores (2014)

Tabla N° 23 Valoración del impacto sobre la biodiversidad.

Criterios	Valor
Intensidad (40%)	9
Extensión (20%)	7
Desarrollo (10%)	7
Duración (10%)	8
Reversibilidad (20%)	8
VIA	8,1 Muy alta
Probabilidad de ocurrencia	Alto
Categoría	I Medida Preventiva

Fuente: Tomado y modificado de Hidromet Consultores (2014)

El criterio “intensidad” refleja la fuerza, peso o rigor con que se manifiesta el impacto y puede determinarse en función de dos variables: la importancia socio-ambiental y el grado de perturbación. Para esta última se recomienda el uso de una función de transformación. En la Fig. N° 5 se muestra la aplicación de la función de transformación propuesta en este estudio, para calcular el grado de perturbación en el impacto descrito, considerando los siguientes aspectos:

- Situación sin proyecto: en el capítulo de caracterización del estudio de impacto ambiental de Hidromet se reportaron 40 especies en el área de afectación del tramo 4.
- Situación con proyecto: considerando el método de deforestación descrito en el capítulo de descripción de proyecto y el volumen de vegetación a deforestar indicado en el capítulo de afectación de recursos, se estima una pérdida de 30 especies en el área de afectación del tramo 4.
- Para este caso se aplicó la curva de calidad ambiental obtenida para comunidades de morichal (curva F).

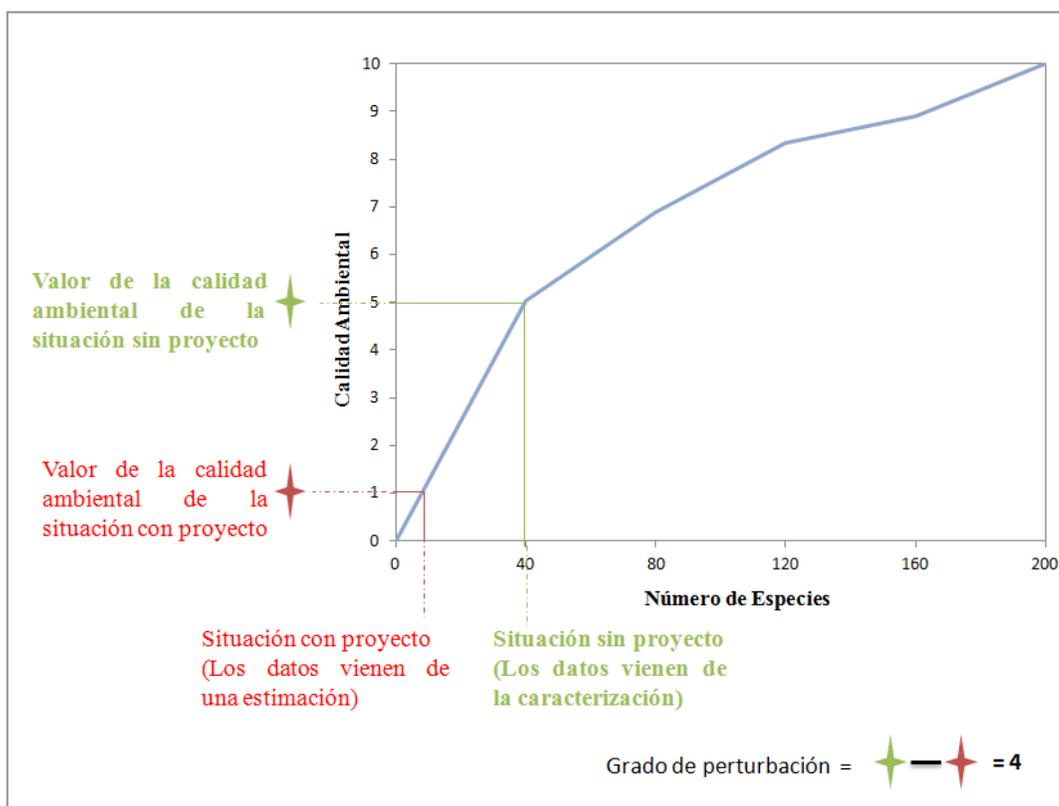


Fig. N° 6 Aplicación de la Función de transformación propuesta para comunidades de morichal.

Fuente propia

En la tabla N° 24 se presenta la valoración de la intensidad a partir de la función de transformación propuesta en esta investigación y considerando un “muy alto” valor socio-ambiental por tratarse de un comunidad de morichal, protegida legalmente en Venezuela por su importancia ecológica, valor paisajístico, utilidad social, vinculación cultural y potencial económico

Tabla N° 24 Valoración de la intensidad a partir de la función de transformación obtenida

Grado de Perturbación	Valor Socio-ambiental			
	Muy alto	Alto	Medio	Bajo
Fuerte (>5)	10	7	5	2
Medio (3 a 5)	7	7	5	2
Suave (< 3)	5	5	2	2

Con el resultado del valor de intensidad (7) obtenido a partir de la función de transformación propuesta en el presente estudio, la valoración del impacto ambiental (VIA) fue 0,8 menor a la reportada por HIDROMET en su estudio (Tabla N° 25).

Tabla N° 25 Comparación de la valoración del impacto sobre la biodiversidad

Criterios	Valoración de Hidromet	Valoración con el uso de la FT obtenida
Intensidad (40%)	9	7
Extensión (20%)	7	7
Desarrollo (10%)	7	7
Duración (10%)	8	8
Reversibilidad (20%)	8	8
VIA	8,1 Muy Alta	7,3 Alta
Probabilidad de ocurrencia	Alto	Alto
Categoría	I Medida Preventiva	I Medida Preventiva

La aplicación de la función de transformación en el Estudio de Impacto Ambiental y Sociocultural de HIDROMET permitió validar su uso en este tipo de estudios y demostrar que es posible reducir la subjetividad en la valoración del grado de perturbación utilizado para la estimación de la intensidad de un impacto ambiental. Al respecto, si se considera la función de transformación propuesta en esta investigación, se podría indicar que la Consultora sobreestimo la intensidad del impacto, ya que asumiendo el peor de los escenarios (perdida de las 40 especies indicadas en el capítulo de caracterización) el grado de perturbación tendría un valor de 5 y la intensidad un valor de 7 y no de 9 como el reportado por la Consultora en dicho estudio. Sin embargo, las medidas que aplican para ambos resultados pertenecen a la misma categoría.

V. Discusión de Resultados

En este capítulo se presenta el análisis de los resultados de las dos (2) preguntas realizadas al panel de expertos y la función de transformación obtenida para los tipos de comunidades bióticas consideradas.

5.1 Primera Pregunta

Con las respuestas a la primera pregunta se determinaron y calificaron los parámetros que relacionan la diversidad de especies con la calidad ambiental, lo cual corresponde al primer objetivo específico de este trabajo.

Los parámetros propuestos fueron validados por todo el panel de expertos, resultando más importantes en cuanto a su contribución con la calidad del ambiente la complejidad y la dinámica sucesional de la comunidad. La importancia atribuida a la complejidad pudo deberse a que este parámetro representa una propiedad que emerge del conjunto de interacciones biológicas, físicas y sociales, las cuales son afectadas o modificadas por los organismos vivos, incluyendo a los humanos (Michener, Baerwald, Firth, Palmer, Rosenberger, Sandlin y Zimmerman, 2001). Particularmente en la terminología de redes alimenticias, la cual representó la dimensión considerada en el presente estudio, la complejidad es producto del número de especies y su conectancia (Proctor y Larson, 2005). Esta última se refiere a la fracción de todas las posibles conexiones que se llevan a cabo en una red (Dunne, Williams y Martinez, 2002). La relación de estos conceptos con la calidad ambiental radica a que los mismos fueron derivados y estimulados a través del supuesto que la complejidad lleva a la estabilidad en las redes alimenticias, al incrementar el número de niveles tróficos en ecosistemas más ricos en especies. Esta hipótesis fue retada por modelos matemáticos que sugieren lo opuesto, pero más estudios han confirmado que la premisa se mantiene en sistemas reales (Banašek-Richter, Bersier, Cattin, Baltensperger, Gabriel y Merz, 2009).

Adicional a la complejidad, los especialistas coincidieron en valorar como segundo parámetro más importante al parámetro de sucesión ecológica, el cual representa la serie de cambios que experimenta un ecosistema en la composición de sus especies a través del

tiempo, por lo tanto es un parámetro que se encuentra en íntima asociación con los cambios en los tipos y número de especies, los cuales conducen a una comunidad climax, la cual generalmente se caracteriza por presentar una alta diversidad de especies y nichos ecológicos (Margalef, 1974).

Por su parte, la menor valoración la recibieron los parámetros flujo de materia y energía, ciclo de nutrientes y acumulación de carbono, lo cual se pudo deber a que estos parámetros se encuentran relacionados. De acuerdo a algunos de los especialistas que participaron en este estudio, la acumulación de carbono es parte del ciclo de nutrientes, y a su vez ambas forman parte del flujo de materia.

Los resultados de la segunda ronda de encuestas reflejan que aun cuando se mantuvo el mismo orden de importancia de los parámetros afectados por la diversidad de especies en cuanto su contribución con la calidad del ambiente, el RIC disminuyó de 4,8 a 0,8, lo cual permite afirmar a partir del criterio de Mendoza y Puga (2000) el logro del consenso ($RIC \leq 1$).

5. 2 Segunda Pregunta

Con las respuestas a la segunda pregunta se estableció la relación numérica entre la diversidad de especies y la calidad ambiental en ocho (8) tipos de comunidades bióticas de Venezuela, lo cual representa el cumplimiento del segundo objetivo específico de la presente investigación. Al igual que en la primera pregunta, el segundo cuestionario permitió alcanzar el consenso en las respuestas de los especialistas a la segunda pregunta con un RIC de 0,21.

Para todas las comunidades bióticas, los especialistas coincidieron en que la calidad ambiental aumenta en función del incremento en la riqueza de especies, sin embargo, la proporcionalidad de dicha relación presenta diferencias asociadas a las características particulares de cada comunidad:

Bosques siempreverdes

Los bosques siempreverdes se encuentran entre los ecosistemas terrestres con mayor riqueza y complejidad estructural en su estado maduro en Venezuela, por lo que la valoración de calidad ambiental realizada por los especialistas al parámetro “complejidad de la comunidad” fue relativamente más baja para los rangos de menor riqueza de especies. Sin embargo, es importante destacar que estos bosques presentan tipos más específicos de formaciones, entre los cuales destacan los bosques macrotérmicos siempreverdes de tierras bajas, los bosques húmedos siempreverdes basimontanos, submontanos y montanos siempreverdes y los bosques húmedos esclerófilos siempreverdes, entre otros (Huber y Alarcón 1988, Huber 1995a), lo cual puede generar diferencias en la relación entre la riqueza y la calidad ambiental dentro del mismo tipo de comunidad biótica.

Bosques nublados

En los bosques nublados, aun cuando la biomasa tiende a ser menor que en los bosques siempreverdes, la diversidad puede ser similar debido al alto número de especies epífitas (Walter y Ataroff, 2002), por lo que la valoración del parámetro complejidad fue muy cercana a la recibida por los bosques siempreverdes, sin embargo, los bosques nublados obtuvieron una mayor valoración en el parámetro de especies relevantes, posiblemente por considerarse un reservorio genético, dotado de una alta cantidad de especies endémicas (Steyermark, 1974; Ataroff, 2003) cuyo componente vegetal tiene una alta importancia para el balance y distribución hídrica de zonas de alta montaña hacia abajo (Rodríguez y col. 2010).

Bosques deciduos

Si bien los bosques deciduos son menos diversos que los bosques húmedos (Gentry 1995), este tipo de comunidades estuvo entre los tipos de comunidades bióticas que recibió menor valoración de calidad ambiental en los rangos de menor número de especies, lo cual puede deberse a que representan una de las formaciones vegetales más amenazadas de Venezuela y gran parte de su extensión ya ha sido eliminada (Fajardo y col. 2005,

Rodríguez y col. 2008), por lo que un bajo número de especies puede atribuirse a las acciones antrópicas que inciden en la calidad ambiental del ecosistema.

Arbustales espinoso y herbazales

Los arbustales y herbazales recibieron por parte de los especialistas una valoración similar, destacando altos valores de calidad ambiental para los parámetros de flujo de materia y ciclo de nutrientes en rangos de baja diversidad, lo cual permite inferir que el incremento del número de especies tiene una menor influencia sobre estos parámetros respecto a las otras comunidades bióticas donde la producción primaria es mayor. Al respecto Ewel, 1976, indica que la deficiente capacidad retentiva de agua por los suelos de los ecosistemas asociados a este tipo de comunidades provoca una lenta producción, descomposición e incorporación de materia orgánica.

Morichales

Este tipo de comunidades protegidas en la Legislación Venezolana a través del Decreto N° 846, recibió la mayor valoración de calidad ambiental para el parámetro de especies relevantes en el rango de 60 especies y alcanzó los valores más altos del parámetro de complejidad a partir del rango de las 120 especies, destacando un incremento proporcional de la calidad ambiental en función del parámetro de dinámica sucesional. Al respecto Gonzalez (2009) destaca la importancia de los cambios provocados por la colonización de *Mauritia flexuosa* (palma de moriche) en la dinámica sucesional de estos ecosistemas, cuya fase final es el establecimiento de un bosque siempreverde de pantano estacional, el cual puede albergar una gran diversidad de especies animales, que dependen directa o indirectamente de la palma de moriche, entre los cuales es pertinente mencionar aquellos en situación de amenaza, como los osos palmeros, dantas, venados caramerudos, cunagueros, tigrillos, yaguares, perros de agua, manatíes, tortugas arrau y caimanes del Orinoco (Rodríguez y Rojas Suárez, 1995).

Manglares

Los manglares obtuvieron la valoración de calidad ambiental más alta para los parámetros de complejidad, especies relevantes y ciclo de nutrientes a partir del rango de las 120 especies, lo cual puede deberse a que estas comunidades cuando dominan presentan pocas especies vegetales acompañantes, sin embargo son grandes productores de materia orgánica y poseen un papel esencial en el flujo de materia orgánica (Conde y Carmona - Suárez, 2003).

Aun cuando en el dominio continental de Venezuela, las áreas de manglar están circunscritas a solo dos unidades geomorfológicas: lagunas costeras y planos aluviales expuestos a las mareas, la importancia de su consideración en este estudio radica en que son ecosistemas protegidos a través de las Normas para la Protección de los Manglares y sus Espacios Vitales Asociados (Venezuela, 1991), particularmente por sus servicios ecosistémicos a la sociedad, destacando su capacidad de prevenir la erosión costera y su alta productividad biológica que sustenta a peces, moluscos, crustáceos y otros invertebrados (Aburto-Oropeza y col. 2008).

Arrecifes coralinos

Los arrecifes de coral se encuentran entre los ecosistemas más productivos y diversos del mundo (Glynn, 1996), lo cual justifica que aun cuando este tipo de comunidad alcanzó la máxima valoración de calidad ambiental en el rango más alto de número de especies, obtuvo los valores más bajos de calidad ambiental para el resto de los rangos de riqueza en todos los parámetros evaluados, ya que se espera que la calidad ambiental de un arrecife de coral requiera de mayor número de especies que el resto de las comunidades bióticas consideradas.

5.3 Análisis de la Función de Transformación obtenida

En este punto se va a discutir sobre la tendencia general de la función obtenida y las diferencias entre las curvas resultantes para los distintos tipos de comunidades bióticas estudiados. Adicionalmente se realizará una comparación entre esta función y la reportada

por Conesa (2010), así como la comparación entre los resultados obtenidos de su aplicación en un estudio de impacto ambiental respecto a otros criterios de valoración, tal como se propuso en el tercer objetivo de esta investigación.

La tendencia general de las curvas fue positiva, tal como lo señala Garmendia (2004) para un factor ambiental deseado, con un incremento de la calidad ambiental respecto al número de especies. Sin embargo, presentaron diferencias en la forma de crecimiento de acuerdo al tipo de comunidad biótica.

Las curvas asociadas a los bosques deciduos, bosques siempreverdes, bosques nublados y arrecifes de coral presentaron una mayor linealidad en la relación entre el número de especies y la calidad ambiental, mientras las curvas correspondientes a los arbustales, herbazales, morichales y manglares presentaron una tendencia parabólica con un rápido crecimiento al pasar de 0 a 40 especies y un lento crecimiento para valores mayores de riqueza. Justamente el primer grupo de curvas coincide con los tipos de comunidades caracterizados por una mayor riqueza de especies, mientras el segundo grupo de curvas al estar asociadas a comunidades bióticas menos diversas, alcanzaron valores altos de calidad ambiental con menos número especies. Sin embargo, todas las curvas coinciden en las valoraciones mínimas y máximas de calidad ambiental.

Aun cuando la función de transformación reportada por Conesa (2010) para diversidad de especies considera un rango menor de número de especies, por tratarse de una función diseñada para países con menor diversidad, las curvas obtenidas en el presente estudio coinciden con la de Conesa en la relación positiva entre el número de especies y la calidad ambiental (Figuras N° 7 y N° 8). Sin embargo, es importante destacar que el uso de las funciones de transformación en los estudios de impacto ambiental tienen un valor comparativo entre la situación sin proyecto y la situación con proyecto, por lo que más allá del número de especies, el cual puede variar de acuerdo al área de estudio o al esfuerzo de muestreo, la importancia radica en estimar cuantas especies se perderán con la ejecución del proyecto y expresar ese valor en términos de calidad ambiental.

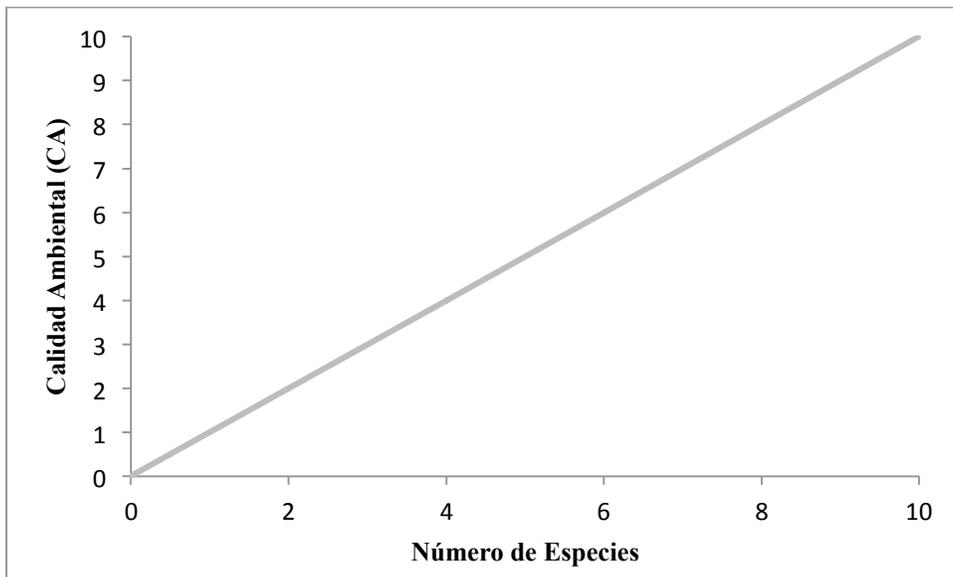


Fig. N° 7. Función de transformación para diversidad de especies publicada por Conesa (2010)

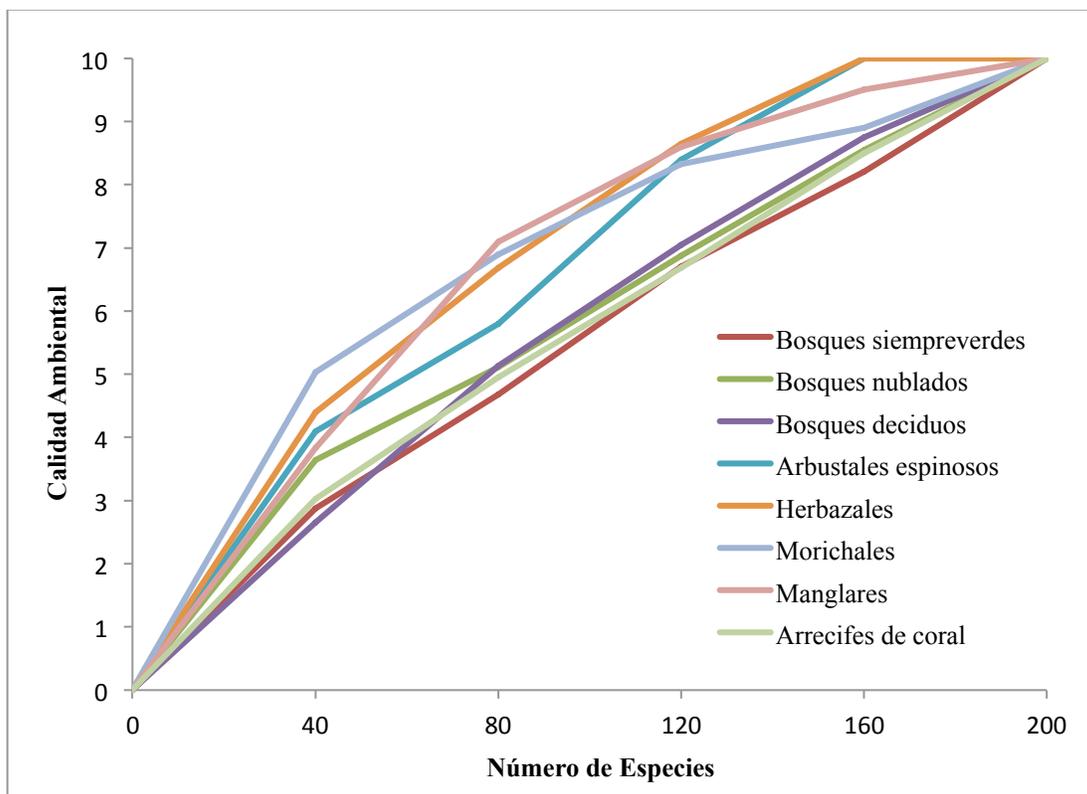


Fig. N° 8. Funciones de transformación para diversidad de especies obtenidas en la presente investigación

A pesar que desde el punto de vista técnico, el termino diversidad, tiende a incluir la distribución de individuos entre las especies, denominado “equidad de la comunidad”, los estudios de impacto ambiental generalmente solo consideran el número de especies en el área de estudio y comúnmente los agrupan por tipo de comunidad biótica, las cuales describen en función de sus características estructurales y funcionales, haciendo uso comúnmente de algunos parámetros como los usados en este estudio para relacionar la diversidad de especies con la calidad ambiental. En tal sentido, contar con funciones de transformación para diversidad de especies diferenciadas por tipo de comunidad biótica representa una ventaja respecto a la curva única reportada por Conesa (2010).

Dicha ventaja se evidenció en la aplicación de la función de transformación en el estudio de impacto ambiental realizado por Hidromet, en el cual se valoró el impacto ambiental asociado a la construcción de un gasoducto en un ecosistema de morichal, ya que permitió hacer uso de una curva diseñada específicamente para este tipo de comunidad y bajo los criterios particulares de las condiciones ambientales de Venezuela. La aplicación de la curva de diversidad de especies vs calidad ambiental para comunidades de morichal permitió validar la factibilidad del uso de la función, arrojando resultados similares a los obtenidos por HIDROMET, a través del mismo método de los criterios relevantes integrados pero sin la aplicación de una función para estimar la intensidad del impacto, lo que pudo aumentar la subjetividad del resultado. Sin embargo, la principal importancia de las funciones de transformación, no es solo reducir la subjetividad de la valoración, sino homogeneizar las diferentes unidades de medida de los indicadores afectados por cada proyecto objeto del estudio de impacto ambiental y sociocultural, y expresarlas en unidades abstractas de valor ambiental (Garmendia y col. 2005).

VI Conclusiones

- La aplicación del método Delphi permitió lograr el consenso de los especialistas respecto a los parámetros que relacionan la diversidad de especies y la calidad ambiental con un RIC de 0,8, así como en la relación matemática que rige el rango de comportamiento entre la diversidad de especies y la calidad ambiental en distintos tipos de comunidades bióticas de Venezuela con un RIC de 0,21.
- Los parámetros propuestos para relacionar la diversidad de especies con la calidad ambiental fueron validados por todo el panel de expertos, resultando más importantes la complejidad y la dinámica sucesional de la comunidad con 25 y 20 puntos respectivamente, seguidos de especies relevantes, flujo de materia y energía, y ciclo de nutrientes con 15 puntos cada uno y acumulación de carbono con 10 puntos.
- Las funciones de transformación obtenidas para relacionar la diversidad de especies con la calidad ambiental presentaron curvas positivas con tendencias lineales para bosques deciduos, bosques siempreverdes, bosques nublados y arrecifes de coral y parabólicas para arbustales, herbazales, morichales y manglares.
- Las diferencias en las curvas obtenidas reflejan que el comportamiento de la calidad ambiental depende de la biodiversidad característica del tipo de comunidad biótica. En las comunidades bióticas caracterizadas por una mayor biodiversidad, la calidad ambiental crece más lentamente respecto a las comunidades de menor biodiversidad.
- Aun cuando no existen límites estrictos de diversidad de especies por tipo de comunidad biótica, todas las curvas alcanzaron valores máximos de calidad ambiental al llegar a 200 especies, con excepción de las curvas de arbustales y herbazales, las cuales alcanzaron su máxima valoración de calidad ambiental con 160 especies.
- Las curvas obtenidas para diversidad de especies en distintos tipos de comunidades bióticas de Venezuela coinciden con la función reportada por Conesa (2010) en cuanto a la relación positiva entre el número de especies y la calidad ambiental, sin

embargo, los rangos de número de especies utilizados en la curva propuesta por Conesa fueron menores debido a que se diseñó para países con menor diversidad.

- Los resultados obtenidos de la aplicación de la función de transformación en un estudio de impacto ambiental, fueron similares a los reportados por la consultora que realizó el estudio utilizando otro criterio de valoración.

Recomendaciones para el uso de las funciones de transformación y propuestas para futuras investigaciones

- La alta variabilidad en el número de especies asociados a un mismo tipo de comunidad biótica sugiere la necesidad restringir el uso de las funciones de transformación propuestas en este estudio para realizar valoraciones de carácter comparativo en una escala de espacio y tiempo determinado. Particularmente se recomienda su uso para valorar la intensidad de un impacto a través del método de los criterios relevantes integrados usado en los estudios de impacto ambiental.

Particularmente, el área de estudio o el esfuerzo de muestreo pueden tener incidencia en el número de especies y por ende en el valor de calidad ambiental, sin embargo, la importancia de estas curvas no es atribuirle valores de calidad ambiental a las comunidades bióticas, sino expresar en términos de calidad ambiental la diferencia entre el número de especies sin proyecto respecto al número de especies con proyecto, con fines de estimar la intensidad del impacto ambiental.

- En futuras investigaciones sobre funciones de transformación para diversidad de especies cabría evaluar el comportamiento de las curvas a partir de las siguientes variantes: 1) aumentando la cantidad de rangos de número de especies o incluyendo una medida de relación como área o muestra de individuos, 2) integrando los parámetros flujo de materia, ciclo de nutrientes y acumulación de carbono y agregando otros de importancia en los estudios de impacto ambiental y 3) delimitando los tipos de comunidad biótica por región y/o época del año.
- El método Delphi como herramienta de consenso en la modalidad de envío de cuestionarios resultó idóneo para la construcción de las curvas de calidad ambiental,

sin embargo, a partir de la presente experiencia es posible realizar algunas recomendaciones para mejorar la participación de los especialistas: 1) realizar una reunión inicial para intercambiar expectativas, presentar las posibles preguntas y acordar los tiempos de entrega 2) mantener una constante comunicación entre la primera y la segunda ronda de encuestas y 3) evitar cuestionarios muy densos y largos.

- Considerando que el principal objetivo de las funciones de transformación es homogeneizar las diferentes unidades de medida de los factores afectados por cada proyecto objeto del estudio de impacto ambiental y que en Venezuela hasta la fecha solo se han diseñado funciones de transformación para cinco factores ambientales: 1) Calidad de Aire (Marín, 2006), 2) Vegetación (Melone, 2007), 3) Erosión (Pereira, 2007), 4) Calidad de Agua (Mendez, 2009) y 5) Diversidad de Especies (presente investigación), se recomienda mantener la línea de investigación para desarrollar funciones aplicables a otros factores ambientales, así como publicar y distribuir entre las consultoras ambientales de Venezuela las funciones disponibles hasta la fecha con fines de lograr la homogeneización de las unidades de medida de los estudios y propiciar la posibilidad de realizar comparaciones entre estudios realizados por consultoras distintas.

VII Referencias Bibliográficas

Aburto-Oropeza, O., E. Ezcurra, G. Danemann, V. Valdez, J. Murray & E. Sala (2008). Mangroves in the Gulf of California increase fishery yields. *PNAS* 105(30): 10456-10459.

Ataroff, M. (2003). Selvas y bosques de montaña. Pp. 762-810. En: M. Aguilera, A. Azócar & E. González Jiménez (eds.). Biodiversidad de Venezuela. Tomo II. Fundación Polar, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Fondo Nacional para la Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT). Editorial ExLibris: Caracas.

Bacon, P. 1990. Ecology Management of Swamp Forest in the Guiana's and Caribbean Region. En: *Forested Wetlands Ecosystem Word*. **15**: 213-250.

Banašek-Richter, C.; Bersier, L.; Cattin, M.; Baltensperger, R.; Gabriel, J.; Merz, J.; *et al.* (2009). Complexity in quantitative food webs. *Ecology* **90**: 1470-1477.

Barrera, R., Grillet, M. (2009). Laboratorio de Ecología II. Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela.

Begon, M., Harper, J.L., Townsend C.R. (1990). *Ecology: individuals, populations and communities*. Segunda edición. Blackwell Scientific, Cambridge, Massachusetts.

Benítez J. (2015). Curso de Evaluación de Impacto Ambiental, Postgrado Ingeniería Ambiental, Universidad Católica Andrés Bello.

Buroz, E. (1998). *La Gestión Ambiental. Marco de referencia para las evaluaciones de impacto ambiental*. Fundación Polar, Caracas. ISBN. 376 pp

Canter, L. (1998). *Manual de Evaluación de Impacto Ambiental*. Mc-Graw-Hill. Madrid.

Casler, C.L. & A. Castellano (2008). Preservando La Fauna En El Sistema Del Lago De Maracaibo. *Boletín Del Centro De Investigaciones Biológicas (Universidad del Zulia, Maracaibo)* 42(2): 281-298.

Conde, J.E. & C. Alarcón (1993). Los manglares de Venezuela. Pp. 199-229. En: L.D. Lacerda (ed.). Conservación y aprovechamiento sostenible de bosques de manglar en las regiones América Latina y África. Ecosistemas de manglares. Informes técnicos. Volumen 2. Proyecto ITTO/ISME PD114/90(F). 256 pp.

Conde, J.E. & C. Carmona - Suárez (2003). Ecosistemas Marino-Costeros. Pp. 862-883. En: M. Aguilera, A. Azócar & E. González Jiménez (eds.). Biodiversidad de Venezuela. Tomo II. Fundación Polar, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Fondo Nacional para la Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT). Editorial ExLibris: Caracas.

Conesa, V. (2010). Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental. Mundi-Prensa. Madrid.

Dalkey, N.C. (1969). The Delphi Method: An Experimental Study of Group Opinion. The Rand Corporation. Santa Mónica.

Dee, N., Baker, J. K., Drobny, N. L., Duke K.M., Fahringer D. C. (1972). Environmental Evaluation System for Water Resource Planning. Final report. Columbus, Ohio: Batelle Columbus Laboratories (PB-208 822).

De Oliveria - Miranda, R.M. (2008). Los parques nacionales como instrumento de conservación. Caso de estudio Parque Nacional Macarao. Tesis especial de Grado, Universidad Simón Bolívar. Caracas. 68 pp.

Dunne, J. A.; Williams, R. J.; Martinez, N. D. (2002). Food-web structure and network theory: The role of connectance and size. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **99** (20): 12917-12922

Espinoza, G. (2001). Fundamento de Evaluación de Impacto Ambiental. Banco Interamericano para el Desarrollo (BID). Centro de Estudios para el Desarrollo (CEID). Santiago de Chile.

Esteban – Bolea, M.T. (1997). Las Evaluaciones de Impacto Ambiental. CIFCA. Madrid.

Ewel, J.J., A. Madriz & J. Tosi, Jr. 1976. Zonas de vida de Venezuela. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. 2ª edición. MAC-FONAIAP, Caracas.

Fajardo, L. (2007). Bases ecológicas para la restauración de bosques secos tropicales en la Península de Macanao, Isla de Margarita. Tesis de Grado, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Centro de Estudios Avanzados. Caracas. 171 pp.

Fajardo, L., V. González, J.M. Nassar, P. Lacabana, C.A. Portillo, F. Carrasquel & J.P. Rodríguez (2005). Tropical dry forests of Venezuela: characterization and current conservation status. *Biotropica* 37(4): 531-546

Garmendia, S., Salvador, A., Crespo, C., Garmendia, L. (2006). Evaluación de Impacto Ambiental. Pearson – Prentice Hall. España.

Gentry, A.H. (1995). Diversity and floristic composition of neotropical dry forests. Pp. 146-194. En: S. Bullock, H. Mooney & E. Medina (eds.). *Seasonally Dry Tropical Forests*. Cambridge Univ. Press: Cambridge.

Glynn, P. (1996). Coral reef bleaching: facts, hypotheses and implications. *Glob. Change Biol.*, 2:495-509.

Gómez Orea, D. (2002). Evaluación del Impacto Ambiental. Agrícola Madrid. España.

González, B. V. 1987. Los Morichales de los Llanos Orientales: Un enfoque ecológico. Ediciones Corpoven, Caracas, Venezuela.

González, V. (2003). Delta del Orinoco. Pp. 900-917. En: M. Aguilera, A. Azócar & E. González Jiménez (eds.). *Biodiversidad de Venezuela*. Tomo II. Fundación Polar, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Fondo Nacional para la Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT). Editorial ExLibris: Caracas.

González, B.V. 2009 a. Estructura y Funcionamiento del Sistema Ecológico de los Morichales de los Llanos Orientales de Venezuela. INTEVEP. PDVSA. 112p.

González, B.V., Rial, A. 2011. Amenazas que afectan el funcionamiento y la integridad de la estructura vertical y florística de las comunidades de morichal presentes en los Llanos Orientales de Venezuela, Colombia y el Delta del Orinoco. Instituto Alexander von Humboldt, Bogotá. Colombia.

Granero, J., Ferrando, M., Sánchez, M., Pérez, C. (2010). Evaluación del Impacto Ambiental. FC Editorial. Madrid.

Hernández - Montilla, M. (2010). Estimación del riesgo de extinción de los hábitat terrestres de la cuenca de los ríos lajas y palmar del Estado Zulia. Trabajo Especial de Grado, Universidad del Zulia. 79 pp.

Huber, O. (1995a). Mapa de vegetación de la Guayana Venezolana. Escala 1:2.000.000. CVG EDELCA, Missouri Botanical Garden. Ediciones Tamandúa: Caracas.

Huber, O. (1995b). Conservation of the Venezuelan Guayana. Pp. 193 -218. En: P.E. Berry, B.K. Holst & K. Yatskievych (eds.). Flora of the Venezuelan Guayana. Vol. 1: Introduction. Missouri Botanical Garden: St. Louis, Missouri & Timber Press: Portland, Oregon.

Huber, O. & C. Alarcón (1988). Mapa de vegetación de Venezuela 1:2.000.000. The Nature Conservancy, MARNR. Oscar Todtmann Editores: Caracas.

Huber, O. & R. Riina (1997). Glosario Fitoecológico de las Américas. Vol. I América del Sur: países hispanoparlantes. UNESCO, Fundación Instituto Botánico de Venezuela: Caracas. 500 pp.

Hurlbert, S. H. (1971). The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology* **52**: 577-585.

Lentino, M., D. Esclasans & F. Medina (2005). Áreas Importantes para la Conservación de Aves en Venezuela. Pp. 621-730. En: BirdLife International & Conservation International (eds.). Áreas Importantes para la Conservación de las Aves en

Los Andes Tropicales: Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad. BirdLife International (Serie de Conservación de BirdLife N° 14): Quito, Ecuador

Like Minded Megadiverse Countries (2010). Países Megadiversos [en línea]. <http://web.archive.org/web/20100214111023/http://www.lmmc.nic.in/index.php> [Consulta: 09 de septiembre, de 2016].

Listone, H., Turoff, M. (2002) *The Delphi Method. Techniques and Applications*. University of Southern California. USA.

Margalef, Ramón (1974). *Ecología*. Barcelona: Omega.

Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing, Oxford. 256 pp.

Marín, C. (2006). *Propuesta de una Función de Transformación para partículas sólidas suspendidas*. Tesis de Maestría. Universidad Católica Andrés Bello. Venezuela.

MARNR (1992). *Áreas Naturales Protegidas de Venezuela. Serie Aspectos Conceptuales y Metodológicos DGSP/A/ACM/01*. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR): Caracas

Melone, A. (2007) *Propuesta de una Función de Transformación para la pérdida de vegetación natural terrestre*. Tesis de Maestría. Universidad Católica Andrés Bello. Venezuela.

Méndez, D. (2009). *Propuesta de una Función de Transformación para evaluar impactos ambientales relacionados con el índice de calidad del agua*. Tesis de Maestría. Universidad Católica Andrés Bello. Venezuela.

Meyer, R.L. 1990. Palm Swamps. *En: Forested Wetlands Ecosystem Word*. **15**: 267-286.

Michener, W. K.; Baerwald, T. J.; Firth, P.; Palmer, M. A.; Rosenberger, J. L.; Sandlin, E. A.; Zimmerman, H. (2001). Defining and unraveling biocomplexity. *BioScience* **51**: 1018-1023

Murphy, P.G. & A.E. Lugo (1986). Ecology of tropical dry forest. *Annals Review of Ecology and Systematics* **17**: 67-68

Peet, R. K. (1974). The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* **5**: 285-307.

Pereira, P. (2007). Propuesta de una Función de Transformación para evaluar impactos ambientales relacionados con el factor erosión de suelo producida por fenómenos hidráulicos. Tesis de Maestría. Universidad Católica Andrés Bello. Venezuela.

Proctor, J. D.; Larson, B. M. H. (2005). Ecology, complexity, and metaphor. *BioScience* **55** (12): 1065-1068

Ramírez, Tulio (2007). *Cómo hacer un Proyecto de Investigación*. Panapo. Caracas.

República de Venezuela. (1990). Normas para la Protección de Morichales. Decreto No 846. Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 34.642 del 27-9-1991.

República de Venezuela (1991). Normas para la Protección de los Manglares y sus Espacios Vitales Asociados. Gaceta Oficial N° 34.819 Decreto 1.843 del 19/09/91.

República de Venezuela (1995). Normas sobre Evaluación Ambiental de Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente. Decreto 1.257. Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 35.946 del 25-4-1996.

República Bolivariana de Venezuela (1999). Constitución de la Republica. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5.453. Extraordinario del 24-03-2000.

República de Venezuela (2001). Decreto con Fuerza de Ley de Zonas Costeras. Decreto 1.468. Gaceta Oficial N° 37.319 del 27/09/01.

República de Venezuela (2001). Decreto con Fuerza de Ley Orgánica de los Espacios Acuáticos e Insulares. Decreto 1.437. Gaceta Oficial N° 37.330 del 30/08/01.

República Bolivariana de Venezuela (2006). Ley Orgánica del Ambiente. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5833. Extraordinario del 22-12-2006.

República Bolivariana de Venezuela (2008). Ley de Gestión de la Diversidad Biológica. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela No. 39.070 del 01-12-2008.

Ricklefs, R. E., Miller G. L. (2000). Ecology. Cuarta edición. W. H. Freeman and Company, New York.

Rodríguez, J.P. & F. Rojas-Suárez (eds.) (2008). Libro Rojo de la Fauna Venezolana. 3ra. ed. Provita y Shell Venezuela, S.A.: Caracas. 364 pp.

Rodríguez, J.P., F. Rojas-Suárez & D. Giraldo Hernández (eds.) (2010). Libro Rojo de los Ecosistemas Terrestres de Venezuela. Provita, Shell Venezuela, Lenovo (Venezuela). Caracas: Venezuela. 324 pp.

Ruíz, L., E. Méndez, A. Prieto, B. Marín & A. Fariña. (2003). Composición, abundancia, y diversidad de peces arrecifales en dos localidades del Parque Nacional Mochima, Venezuela. *Cienc. Mar.*, 29: 185-195.

Sadler, B. (1994). Environmental Assessment and Development Policy Making. The World Bank, Washington D.C.

San José, J.J. & R.A. Montes (2007). Diversidad y conservación de las sabanas llaneras de Venezuela. Pp. 87-90. En: R. Duno de Stefano, G. Aymard & O. Huber (eds.). Flora vascular de los Llanos de Venezuela. FUDENA, Fundación Empresas Polar, FIBV: Caracas. 738 pp.

Shannon, C., Weaver, W (1949). The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois. *Urbana*. 117 pp.

Silva, J.F. (2003). Sabanas. Pp. 678

-695. En: M. Aguilera, A. Azócar & E. González Jiménez (eds.). Biodiversidad de Venezuela. Tomo II. Fundación Polar, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Fondo Nacional para la Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT). Editorial ExLibris: Caracas.

Smith, B., Wilson J. B. (1996). A consumer's guide to evenness indices. *Oikos* 76: 70-82.

Soriano, P.J. & A. Ruiz (2003). Arbustales Xerófilos. Pp. 696 -715. En: M. Aguilera, A. Azócar & E. González Jiménez (eds.). Biodiversidad de Venezuela. Tomo II. Fundación Polar, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Fondo Nacional para la Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT). Editorial ExLibris: Caracas.

Steyermark, J. (1974). Elemento amazónico y/o guayanés en la flora de la cordillera de la costa. Mem. II Congr. Venez. Bot. Pp. 91-99.

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

Villamizar, E. (2003). Universo submarino: los arrecifes de coral. En: Guía del Parque Nacional Archipiélago de Los Roques (J. Zamarro, ed). Ecograph, Caracas Venezuela. 271pp.

Walter, R. & M. Ataroff (2002). Biomasa epifita y su contenido de nutrientes en una selva nublada andina, Venezuela. *Sociedad Venezolana de Ecología Ecotrópicos* 15(2): 203-210.

Anexos

A.1 Cuestionario I

El propósito de este primer cuestionario es determinar y ponderar los parámetros que relacionan la diversidad de especies con la calidad ambiental en distintos tipos de comunidades bióticas de Venezuela.

El cuestionario consta de dos preguntas: con la primera, se busca establecer la importancia que tienen cada uno de los parámetros relacionados con la Diversidad de Especies: complejidad, dinámica sucesional, especies relevantes y flujo de la materia y energía de las comunidades, ciclo de nutrientes y acumulación de carbono, en cuanto a su contribución a la calidad global del ambiente. Para ello se le va a solicitar que asignen, a cada parámetro, un peso ponderado, expresado en unidades de importancia (UI), de manera tal, que la suma de todos los parámetros sea igual a 100 UI.

Con la segunda pregunta, se trata de ponderar el efecto que tiene la diversidad de especies sobre cada uno de los parámetros anteriormente considerados. La misma pregunta se va responder separadamente para distintos tipos de comunidades bióticas de Venezuela: bosques siempreverdes per se, bosques nublados, bosques deciduos, arbustales espinosos, herbazales, morichales, manglares y arrecifes de coral. Los cuales fueron seleccionados tomando en cuenta los siguientes criterios: riesgo de eliminación, singularidad, utilidad social y protección legal.

En este caso, se pide calificar para cada parámetro, la calidad ambiental en una escala del 0 al 10: cero (0) para la peor y diez (10) para la mejor condición ambiental.

PREGUNTA UNO

Distribuya 100 puntos entre los siguientes parámetros afectados por la pérdida de diversidad de especies, de tal forma que el puntaje represente la importancia relativa, que para usted tenga cada parámetro, en cuanto a la calidad global del ambiente.

Parámetros	Puntos
Complejidad de la comunidad (robustez de la estructura trófica)	
Esquema de la comunidad en el tiempo (dinámica sucesional de la comunidad)	
Especies relevantes (especies endémicas, protegidas, emblemáticas, comerciales, claves)	
Flujo de materia y energía en las comunidades (productividad primaria y secundaria)	
Ciclo de nutrientes (almacenamiento y reciclaje de nutrientes)	
Acumulación de carbono (potencialidad de secuestrar carbono)	
Suma	100

Comentarios:

¿Agregaría o eliminaría algún parámetro? R:

PREGUNTA DOS - A⁷

Califique la calidad ambiental relacionada con la diversidad de especies para bosques siempreverdes *per se* de Venezuela, utilizando la escala numérica del 0 al 10 para cada uno de los siguientes componentes, donde la mayor y mejor calidad ambiental corresponde a la mayor calificación.

Parámetros	Número de especies en un bosque siempreverde <i>per se</i> de Venezuela					
	0	40	80	120	160	200
Complejidad de la comunidad						
Dinámica sucesional						
Especies relevantes						
Flujo de materia y energía						
Ciclo de nutrientes						
Acumulación de carbono						

Comentarios:

⁷ Esta misma pregunta se repitió para el resto de los tipos de comunidades bióticas evaluados.

A.2 Cuestionario II

PREGUNTA UNO

En la siguiente tabla se presentan sus respuestas a la pregunta uno del primer cuestionario de este estudio Delphi. Con el propósito de buscar consenso, reconsidere aquellos valores que presentan mayor dispersión.

Pregunta uno: Distribuya 100 puntos entre los siguientes parámetros afectados por la pérdida de diversidad de especies, de tal forma que el puntaje represente la importancia relativa, que para usted tenga cada parámetro, en cuanto a la calidad global del ambiente.

	Parámetros						Suma
	Complejidad	Dinámica sucesional	Especies relevantes	Flujo de materia y energía	Ciclo de nutrientes	Acumulación de carbono	
Sus valores							
Mediana panel							
Diferencia							
± 1 unidad rango intercuartílico							
Confirme su primer valor (SI o NO)							
Asume mediana panel (SI o NO)							
Nuevos valores							

INSTRUCCIONES PARA COMPLETAR ESTA TABLA:

- **Confirma sus primeros valores.** En este espacio coloque **SI** para confirmar sus primeros valores o **NO** si quiere cambiar de opinión.
- **Asume la mediana panel.** Coloque **SI** para aceptar la mediana del panel en lugar de sus valores, en caso contrario escriba **NO**.
- **Nuevos valores.** En el caso de **NO** confirmar sus primeros valores y **NO** asumir la mediana del grupo, coloque en estos espacios sus nuevos valores (recuerde que deben sumar 100)

COMENTARIOS:

PREGUNTA DOS

A continuación se presentan sus respuestas a la pregunta dos del primer cuestionario de este estudio Delphi. Con el propósito de buscar consenso, reconsidere aquellos valores que presentan mayor dispersión.

Pregunta 2 - A⁸: Califique la calidad ambiental de un bosque siempreverde *per se* de Venezuela, a partir del efecto que tiene la riqueza de especies sobre cada uno de los parámetros indicados en la tabla y utilizando la escala numérica del 0 al 10, donde la mayor calidad ambiental corresponde a la mayor calificación.

Parámetros	Respuestas	Número de especies en un bosque siempreverde <i>per se</i> de Venezuela					
		0	40	80	120	160	200
Complejidad de la comunidad	Sus valores						
	Estadística panel						
	Diferencia						
	± 1 unidad rango intercuartílico						
	Confirma su 1 ^{er} valor (SI o NO)						
	Asume mediana panel (SI o NO)						
	Nuevo valor						
Dinámica sucesional	Sus valores						
	Estadística panel						
	Diferencia						
	± 1 unidad rango intercuartílico						
	Confirma su 1 ^{er} valor (SI o NO)						
	Asume mediana panel (SI o NO)						
	Nuevo valor						
Especies relevantes	Sus valores						
	Estadística panel						
	Diferencia						
	± 1 unidad rango intercuartílico						
	Confirma su 1 ^{er} valor (SI o NO)						
	Asume mediana panel (SI o NO)						
	Nuevo valor						
Flujo de materia y energía	Sus valores						
	Estadística panel						
	Diferencia						
	± 1 unidad rango intercuartílico						
	Confirma su 1 ^{er} valor (SI o NO)						
	Asume mediana panel (SI o NO)						
	Nuevo valor						
Ciclo de nutrientes	Sus valores						
	Estadística panel						
	Diferencia						
	± 1 unidad rango intercuartílico						
	Confirma su 1 ^{er} valor (SI o NO)						

⁸ La misma pregunta se realizó por separado para los ocho (8) tipos de comunidades bióticas considerados en este estudio.

Parámetros	Respuestas	Número de especies en un bosque siempreverde <i>per se</i> de Venezuela					
		0	40	80	120	160	200
	Asume mediana panel (SI o NO)						
	Nuevo valor						
Acumulación de carbono	Sus valores						
	Estadística panel						
	Diferencia						
	± 1 unidad rango intercuartílico						
	Confirma su 1 ^{er} valor (SI o NO)						
	Asume mediana panel (SI o NO)						
	Nuevo valor						

INSTRUCCIONES PARA RELLENAR ESTA TABLA:

- **Confirma su 1^{er} valor.** En este espacio coloque **SI** para confirmar su primer valor o **NO** si quiere cambiar de opinión. Si su valor coincide con la mediana deje el espacio en blanco.
- **Asume mediana panel.** Coloque **SI** para aceptar la mediana del panel en lugar de su primer valor, en caso contrario escriba **NO**.
- **Nuevo valor.** En el caso de **NO** confirmar su primer valor y **NO** asumir la mediana del grupo, coloque en este espacio su nuevo valor.

COMENTARIOS: