

A José Miguel, Ana María y Daniela,  
por ser las luces que iluminan  
cada uno de mis días.

## **AGRADECIMIENTOS.**

Agradezco especialmente al Ing. Joaquín Benítez por haber guiado pacientemente este proyecto, como también a todos y cada uno de los especialistas que aceptaron de manera incondicional el reto de colaborar en la obtención de los datos necesarios para la realización del mismo.

A José Miguel por ser mi apoyo, por alentarme a seguir adelante y sobre todo por “obligarme” a culminar esta etapa importante de mi vida, gracias por estar a mi lado.

A mis padres por estar siempre a mi lado y haber tenido fe en mí, cuando empecé a transitar este largo camino de la ingeniería.

De igual forma agradezco a mis compañeros y amigos Cesar, Antonieta, Conchita, Mari, Guillermo, Maria Isabel, Abraham, Debbie, Gregory y todos aquellos, que de una manera u otra, estuvieron siempre a mi lado brindándome su ayuda y apoyo.

A todos nuevamente MUCHAS GRACIAS!!!!.

## INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
INDICE DE CONTENIDO.....	ii
INDICE DE TABLAS .....	iv
INDICE DE FIGURAS .....	vi
RESUMEN .....	vii
CAPITULO 1.- INTRODUCCIÓN .....	1
1.1- Problema de estudio .....	1
1.1.1- Antecedentes generales del problema.....	1
1.1.2- Justificación .....	3
1.1.3- Planteamiento del problema .....	5
1.1.4- Objetivos.....	6
CAPITULO 2.- LA EROSIÓN EN LOS SUELOS.....	8
2.1- Introducción .....	8
2.2- Factores que contribuyen a la erosión en los suelos. ....	10
2.3- Tipos de erosión en los suelos de Venezuela producida por las aguas..	12
2.4- Determinación de la pérdida de suelo (Ecuación Universal de pérdida de Suelo) .....	18
2.5- Características de los Suelos en Venezuela.....	22
2.6- Factores afectados por la erosión de los suelos en Venezuela .....	27
2.7- Marco legal. ....	28
CAPITULO 3.- MARCO REFERENCIAL CONCEPTUAL.....	33
3.1- Generalidades.....	33
3.2- Valoración de impactos ambientales.....	35
3.3- Método de valoración de impactos.....	36
3.4- Método Delphi.....	47
3.5- Indicadores de impacto .....	50
3.6- Funciones de Transformación.....	51

CAPITULO 4.- MARCO METODOLÓGICO .....	62
4.1- Variables del problema .....	63
4.2- Definición de las variables .....	64
4.2.1- Variables principales .....	64
4.2.2- Variable secundaria .....	65
4.3- Factores ambientales considerados.....	66
4.4- Diseño de la muestra .....	66
4.5- Cuestionarios .....	70
4.5.1- Primer Cuestionario. ....	70
4.5.2- Segundo Cuestionario. ....	71
4.6- Estadística .....	72
CAPITULO 5.- RESULTADOS .....	77
5.1- Cuestionario N° 1 .....	77
5.2- Cuestionario N° 2.....	86
5.3- Elaboración de la Función de transformación.....	89
CAPITULO 6.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	96
6.2- Cuestionario: Segunda Pregunta.- .....	98
6.3- Cuestionario: Tercera Pregunta.- .....	99
6.4- Curva de Transformación.....	101
6.5- Comparación de la curva de transformación.....	104
CAPITULO 7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	106
BIBLIOGRAFÍA .....	112
ANEXO A.- FORMATO PRIMER CUESTIONARIO .....	118
ANEXO B.- FORMATO SEGUNDO CUESTIONARIO .....	127
ANEXO C.- ESTADÍSTICAS .....	136

## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 2.1.-</i> Resumen de los instrumentos legales relacionados con ambiente y suelo.....	31
<i>Tabla 3.1.-</i> Asignación de porcentajes para cada criterio de evaluación utilizado en el V.I.A.....	42
<i>Tabla 3.2.-</i> Categoría de relevancia del impacto en estudio versus el V.I.A. obtenido .....	43
<i>Tabla 3.3.-</i> Intensidad.....	43
<i>Tabla 3.4.-</i> Desarrollo.....	44
<i>Tabla 3.5.-</i> Reversibilidad.....	44
<i>Tabla 3.6.-</i> Duración.....	44
<i>Tabla 3.7.-</i> Extensión .....	45
<i>Tabla 3.8.-</i> Clasificación de los niveles de pérdida de suelo según el ICONA, España.....	55
<i>Tabla 3.9.-</i> Tolerancia de pérdidas de suelo según profundidad de las raíces ....	56
<i>Tabla 5.1.-</i> Factores (Primer Cuestionario) .....	78
<i>Tabla 5.2.-</i> Efectos de la erosión de los suelos sobre distintas zonas del país (Primer Cuestionario) .....	80
<i>Tabla 5.3.-</i> Resumen de resultados por factor (Primer Cuestionario) .....	84
<i>Tabla 5.4.-</i> Factores (Segundo Cuestionario).....	86
<i>Tabla 5.5.-</i> Efectos de la erosión de los suelos sobre distintas zonas del país (Segundo Cuestionario) .....	87
<i>Tabla 5.6.-</i> Resumen de resultados por factor (Segundo Cuestionario).....	88
<i>Tabla 5.7.-</i> Ponderación o grado de importancia del.....	89
medio ambiente afectado .....	89
<i>Tabla 5.8.-</i> Efectos de la erosión de los suelos sobre distintas .....	90
zonas del país .....	90

<i>Tabla 5.9.- Resumen de los valores asignado a cada factor ambiental vs Pérdida de suelos.....</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 5.10.- Valores de Calidad Ambiental afectados por porcentaje de importancia.....</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 6.1.- Comparación respuestas pregunta N° 1 .....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 6.2.- Comparación respuestas pregunta N° 2 .....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 6.3.- Resumen Datos de Curva de Transformación Erosión de suelos.....</i>	<i>100</i>

## INDICE DE FIGURAS

<i>Foto N° 1</i> Erosión Laminar en campo agrícola.....	13
<i>Foto N° 2</i> Erosión en surcos .....	14
<i>Foto N° 3</i> Cárcava profunda en ladera.....	15
<i>Foto N° 4:</i> Cárcava en desarrollo en ladera descubierta.....	16
<i>Foto N° 5</i> Erosión localizada en drenaje lateral de vía.....	17
<i>Figura 2.1.-</i> Estructura jerárquica de los instrumentos legales venezolanos.....	30
<i>Figura 3.1.-</i> Sistema de evaluación de Battelle – Collumbus. ....	39
<i>Figura 3.2.-</i> Diagrama del sistema de evaluación ambiental de Batelle. ....	40
<i>Figura 3.4.-</i> Flujograma de aplicación del Método Delphi. ....	50
<i>Figura 3.5.-</i> Formas básicas de algunas Funciones de Transformación .....	53
<i>Figura 3.6.-</i> Formas básicas de algunas Funciones de Transformación .....	54
<i>Figura 3.7.-</i> Curva de transformación Erosión de Suelo.....	57
<i>Figura 3.9.-</i> Curvas de Transformación Erosión del Suelo.....	61
<i>Figura 4.1.</i> Efecto del tamaño del grupo en el error .....	75
<i>Figura 5.1.-</i> Porcentaje de afectación por la pérdida del suelo al medio ambiente	90
<i>Figura 5.2.-</i> Curva de transformación para cada factor vs pérdida de suelo. ....	92
<i>Figura 5.3.-</i> Curva de transformación del medio integrado .....	93
<i>Figura 5.4.-</i> Curva de transformación del medio integrado con doble eje .....	95
<i>Figura 6.1.-</i> Curva de Factores a ser evaluados .....	101
<i>Figura 6.2.-</i> Curva de transformación medio integrado .....	103
<i>Figura 6.3.-</i> Comparación de curvas de transformación obtenida por distintos autores. ....	104

**Universidad Católica Andrés Bello**  
**Dirección de Post-Grado. Post- Grado de Ingeniería Ambiental**

**PROPUESTA DE UNA FUNCION DE TRANSFORMACION PARA EVALUAR  
IMPACTOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL FACTOR EROSION DE  
SUELOS PRODUCIDA POR FENOMENOS HIDRÁULICOS**

**Autor:** Elia Patricia Pereira de Divassón

**Tutor:** Joaquín Benítez

**Año:** Marzo 2007

## **RESUMEN**

En la actualidad, los Estudios de Impacto Ambiental y Socio-Cultural pueden realizarse utilizando métodos cualitativos o cuantitativos. Dentro de los métodos cuantitativos usado con frecuencia en Venezuela está el Método de los Criterios Relevantes Integrados, en donde utilizan las Funciones de Transformación o Curvas de Calidad Ambiental que relacionan la medida cuantitativa o cualitativa de un indicador ambiental con un concepto netamente subjetivo de calidad ambiental. Estas curvas están basadas en el Método de Batalle-Columbus (1971) y fueron elaboradas para ser aplicadas en los Estados Unidos, cuya realidad y normativa es diferente a la venezolana.

En Venezuela se han realizado un gran número de Estudios de Impacto Ambiental relacionados con la erosión de suelos y en ellos se manifiesta la inexistencia en el país de una función de transformación para la Erosión de los Suelos debido a fenómenos hidráulicos. Por lo que el objetivo principal de esta investigación es proponer la Función de Transformación que relacione el factor Erosión del Suelo producido por el escurrimiento superficial del agua con la calidad ambiental, según las características de los suelos venezolanos.

Para realizar la Función de Transformación antes mencionadas se utilizó la Técnica Delphi en la modalidad de envío de cuestionarios, con la participación de 16 especialistas de diferentes regiones del territorio nacional.

Se consideraron 6 factores ambientales: afectación de actividades productiva, cuerpos de agua, vegetación, paisaje, fauna y clima, aunque todos fueron aceptados por los especialistas participantes, de los resultados obtenidos, se puede observar que la afectación de las actividades productivas y los cursos de agua obtuvieron el 60% del peso dentro total de los factores siendo el factor clima el considerado menos importante en cuanto a su aporte en el medio integrado.

La curva obtenida en el presente trabajo es no lineal y de pendiente negativa; además presenta por lo menos tres puntos de inflexión, dividiendo la curva en cuatro partes, en cada uno de esos puntos la pendiente se empieza a suavizar hasta ser casi constante a partir de los 100 Mg/ha/año de pérdida de suelo. También se pudo sectorizar la curva en cuatro partes, relacionadas cada

---

una con intervalos de pérdida de suelo obteniendo zonas de erosión: muy débil, débil, media y fuerte o severa.

Al comparar la curva de calidad ambiental obtenida en este trabajo, con las reportadas por Gómez Orea (1999) y Conesa (2003), para España, se observan como todas corresponden a una función no lineal decreciente donde el valor máximo de pérdidas de suelo propuesto en este trabajo es 10 veces superior al indicado por dichos autores. Por lo que éstas últimas son mas restrictivas en el momento de valorar el impacto con respecto a la propuesta en este trabajo.

Adicionalmente, este trabajo establece las bases para una metodología que permite desarrollar una curva de calidad ambiental para la Erosión de Suelo por efectos hidráulicos, así como su aplicación en valoración de impactos ambientales, en proyectos realizados en el país.

**Palabras Claves:** Función de Transformación, Calidad Ambiental, Erosión de Suelos

## CAPITULO 1

### INTRODUCCION

#### 1.1- Problema de estudio

##### 1.1.1- Antecedentes generales del problema

Los Estudios de Impacto Ambiental y Socio-cultural (Es.I.A y SC) por lo general consideran un grupo de factores ambientales que presumiblemente van a ser afectados por los proyectos evaluados (como son: la atmósfera, el suelo, el agua, la vegetación, etc.).

Con la finalidad de identificar los impactos relacionados con el proyecto en estudio se pueden aplicar diferentes metodologías, dentro de las cuales, podríamos mencionar a: las matrices interactivas (causa – efecto) derivadas de la Matriz de Leopold, los métodos de diagramas de redes y las listas de control (Check List). Estos métodos, dan como resultado los factores que mayor impacto generan en el medio, una vez identificados dichos factores se procede a la valoración de los mismos para, posteriormente, proceder a indicar las recomendaciones para minimizar la afectación de éstos, según sea su importancia.

Para definir la importancia de cada factor se generaron distintos métodos algunos cualitativos y otros cuantitativos.

En Venezuela se puede observar que un gran número de Es.I.A y SC. utilizan métodos cualitativos, lo cual conlleva a un alto porcentaje de subjetividad por parte del evaluador. En otro extremo se ubican los Es.I.A y SC cuyos evaluadores prefieren utilizar métodos cuantitativos, algunos basados en el Método de Batalle-Columbus (1971) y otros, el Método de los Indicadores o

---

Criterios Relevantes Integrados propuesto por Ingeniería Caura, S.A. (1985) su utilización disminuye sustancialmente la subjetividad que el evaluador pueda manifestar en el momento de valorar el factor en estudio.

El Método de Batelle-Columbus fue uno de los primeros métodos que buscó un valor agregado a cada una de las alternativas de proyecto evaluado. Este método definió 78 parámetros clasificados en 18 componentes y agrupados en 4 categorías. Para medir la magnitud de cada parámetro, utiliza unidades homogéneas, usando funciones de transformación, y con la suma ponderada de los factores se obtiene el impacto global de la obra o de cada alternativa.

El Método de los indicadores o Criterios Relevantes Integrados consiste en obtener un valor numérico para cada impacto ambiental de carácter cualitativo, el cual consiste en que el Valor del Impacto Ambiental (V.I.A.) de un efecto a considerar, es la sumatoria de los productos del valor asignado por expertos a los diferentes indicadores, multiplicado por el correspondiente peso o ponderación del criterio. Uno de los indicadores que posee un alto grado apreciativo por parte del evaluador es el criterio de intensidad, ya que en él se expresa la calidad ambiental del efecto producido por el factor evaluado, con la finalidad de facilitar la transformación de valores asignados a la escala de calidad ambiental y disminuir la subjetividad por parte del individuo, se utilizan las gráficas de funciones de transformación para cada parámetro a ser evaluado. La generación de dichas gráficas incluye en muchos casos variables como el clima, suelo, vegetación, etc., que como se sabe varían dependiendo de su ubicación en el planeta. Sobre estas funciones de transformación versa el presente trabajo especial de grado.

La mayoría de las funciones de transformación que se encuentran en la actualidad, han sido presentadas en forma gráfica para facilitar su aplicación y fueron elaboradas en países con climas templados y distinta normativa ambiental. Dichas gráficas se están utilizando directamente sin haber sido evaluadas

---

previamente de forma tal de tomar en cuenta las variaciones que pueden existir entre los países desde el punto de vista climático y normativo.

Cabe destacar que el uso de estas gráficas facilita enormemente la evaluación de un impacto específico, además de contribuir a disminuir la subjetividad en la evaluación. Por tal motivo surge la inquietud de generar las funciones de transformación para países tropicales. En vista de la amplitud del tema, el alcance del presente trabajo corresponde a la definición de la función de transformación y la presentación gráfica de sus resultados para Venezuela y al estudio de un factor, seleccionando de esta forma el elemento suelo y el estudio del factor erosión del suelo, debido a la importancia que este representa en la mayoría de los Es.I.A y SC. efectuados el país.

#### 1.1.2- Justificación

Los suelos cuando son intervenidos son susceptibles de sufrir erosión, producida en la mayoría de los casos por el escurrimiento superficial del agua, por lo que se ha considerado siempre como un problema. Los efectos de la pérdida de suelo son particularmente importantes en las tierras de uso agrícola, donde la redistribución y pérdida de suelo, la degradación de su estructura y el arrastre de materia orgánica y nutrientes, llevan al descenso de la fertilidad y a la pérdida del espesor del suelo. La erosión a su vez reduce también la humedad disponible en el suelo acentuando las condiciones de aridez. Lo que trae como consecuencia una disminución en la productividad de las tierras y un mayor uso de fertilizantes para hacerlas aptas para el cultivo. De igual forma hay que considerar los problemas que acarrearán las partículas de suelo desprendidas y transportadas hacia los cuerpos de agua cercanos, lo cual aumenta la cantidad de sedimentos transportados, trayendo como posibles consecuencias sedimentación en los cauces, variación de la pendiente de los cauces, inestabilidad fluvial, afectación por sedimentación de obras ubicadas aguas abajo, etc. En fin, por estas razones

se consideró que el factor erosión de suelo debería tener gran importancia en la elaboración de los Es.I.A y SC, surgiendo así, la necesidad de la propuesta de una función de transformación para contribuir a mejorar la evaluación de éste factor.

Con el fin de obtener información sobre cuales eran los factores relacionados con la pérdida de suelo, que con mayor frecuencia eran tomados en cuenta en los Es.I.A. y SC. se realizó una revisión de los proyectos elaborados por la empresa Ingeniería Caura S.A y algunos existentes en el Ministerio de Infraestructura (MINFRA), obteniendo los siguientes resultados:

N° de Estudios revisados	N° de Estudios que no consideran el factor erosión	N° de Estudios que consideran	
		Erosión Hidráulica	Erosión Eólica
25	5	20	1

Fuente: Elaboración Propia (2004)

Una vez analizados los datos obtenidos se puede observar:

- El factor de pérdida de suelo tiene relevancia en la mayoría de los proyectos que se revisaron.
- De los dos (2) tipos de erosión conocidos, hidráulica y eólica, se puede observar que la erosión hidráulica en Venezuela tiene mayor incidencia que la eólica.
- De la totalidad de estudios evaluados, el 50% aproximadamente, utilizó las curvas de transformación existentes de erosión de suelo, como herramienta para evaluar el criterio intensidad, utilizado en el método de los Criterios Relevantes Integrados.

Una vez obtenido estos resultados se pone en evidencia que el 50% de los E.I.A. y S.C. han realizado dichos estudios de manera cualitativa, lo cual conlleva a un gran contenido de subjetividad por parte del evaluador, destacando también la necesidad de que el evaluador posea una amplia experiencia en éste tipo de trabajo. De allí la importancia de contar con una metodología que limite o contribuya a disminuir la subjetividad de la valoración de los factores y así implementar con mayor precisión el uso del método de los Criterios Relevantes Integrados (CRI), el cual está vinculado al uso de las funciones de transformación.

En la actualidad cuando se desea utilizar el método de los Criterios Relevantes Integrados (CRI), se utilizan, usualmente las funciones de transformación realizadas por el Instituto Battelle-Columbus (1971) para Estados Unidos, Gómez Orea (España, 1999) y las propuestas más recientemente por Vicente Conesa (2003) para España y A. Garmendia, A. Salvador, C. Crespo y L. Garmendia (2005) para España.

Debido a que las funciones que actualmente se encuentran disponibles fueron elaboradas en países donde las condiciones climáticas y edafológicas difieren de las venezolanas y conociendo la influencia del clima en los distintos factores a ser considerados, surge la inquietud de formular o elaborar dichas curvas adaptadas a las condiciones del país.

### 1.1.3- Planteamiento del problema

Con la finalidad de definir el problema se presenta la pregunta originante.

¿Cómo obtener una propuesta de Función de Transformación para los datos conocidos a partir de juicios de expertos relacionando el factor ambiental **“Erosión del Suelo” (producido por el escurrimiento superficial del agua)** y la valoración de los Impactos Ambientales en Venezuela?

Dando lugar esta interrogante a las siguientes preguntas específicas:

- ¿Qué parámetros referentes con la erosión de suelo se deben medir para relacionarlos con la calidad ambiental?
- ¿Qué metodología o técnica de medición se debe utilizar para obtener el parámetro de pérdida de suelo?
- ¿Qué función o funciones matemáticas definirán el comportamiento entre la pérdida o erosión de los suelos y la calidad ambiental?

#### 1.1.4- Objetivos

- Objetivo Principal

El objetivo principal de este trabajo especial de grado es:

Proponer la Función de Transformación que relacione el factor Erosión del Suelo producido por el escurrimiento superficial del agua con la calidad ambiental según las características de los suelos venezolanos.

- Objetivos Secundarios

Para tal fin el presente trabajo pretende alcanzar los siguientes objetivos específicos:

- Determinar los parámetros a ser considerados para obtener los valores de erosión del suelo que posteriormente se relacionaran con la valoración de los Impactos Ambientales.

- Determinar la metodología o técnica de medición a ser utilizada en la caracterización de los Es.I.A. y SC. para obtener el parámetro de pérdida de suelo.
- Construir la función o curva que definan el comportamiento entre la pérdida o erosión de los suelos y la valoración de los Impactos Ambientales, según los criterios emitidos por profesionales expertos en el área.

## CAPITULO 2

### LA EROSION EN LOS SUELOS

#### 2.1- Introducción

La erosión de los suelos es un proceso dividido en dos (2) etapas, las cuales consisten en el desprendimiento de las partículas y su posterior transporte, ya sea por corrientes de agua o por el viento. De ahí que se clasifique la erosión como: Erosión hídrica y Erosión eólica.

Se podría definir de manera general a la erosión hídrica como, la remoción del suelo por el efecto del agua, la cual, se divide en dos procesos fundamentales, el primero causado por el choque de las gotas de agua contra el suelo, produciendo así el efecto de salpicadura, el cual no es otra cosa que el desprendimiento de las partículas de suelo y el desplazamiento de las mismas a una distancia de centímetros del lugar donde impactó la gota de agua y el segundo proceso es el transporte de dichas partículas a través del escurrimiento superficial, ya sea a cauces de agua o a sitios de deposición de sedimentos. De igual forma puede existir la erosión hídrica producida por los esfuerzos cortantes que se generan en las corrientes de agua, donde las fuerzas tractivas superan a las resistentes, o donde la calidad del agua incide en su potencial erosivo, como al pie de los embalses.

Por otro lado, la erosión eólica se podría definir como la pérdida de suelo producida por el efecto de los vientos. Vale la pena destacar que este tipo de erosión depende fundamentalmente de la rugosidad del suelo, la presencia de piedras, vegetación u otros obstáculos, que disminuyen la velocidad de los vientos a nivel de la superficie de los suelos y reducen la potencia de los vientos y los niveles de erosión sobre los mismos.

En Venezuela se puede observar que la erosión hídrica tiene mayor influencia que la eólica, debido a que las zonas propensas a esta última son poco extensas y se encuentran localizadas en los Estados Falcón, Apure y Guárico. Cabe destacar que antiguamente la erosión hídrica afectaba principalmente a las cuencas de mayor pendiente, pero en la actualidad se está observando un incremento en la pérdida de suelo en zonas de pendientes suaves y bajas.

Es tal la preocupación que existe en algunas zonas de Venezuela por éste problema, que un grupo de investigadores han empezado a estudiarlo, a continuación se mencionan algunos de los trabajos realizados por éstos:

- La Ing. Luisa Fernández de Andrade (UCV) ha realizado un trabajo de investigación sobre la evaluación del riesgo de erosión por salpique en los suelos de la cuenca alta del río Petaquire. Obteniendo como resultado que, los valores de pérdida de suelo están mayormente relacionados con las características: porcentaje de cobertura al ras del suelo, contenido de materia orgánica, preconsolidación del suelo y porcentaje de esqueleto grueso.
- El Ing. Oscar Silva Escobar (Empresa Regional Desarrollos Hidráulicos Cojedes, C.A.) realizó un trabajo titulado, evaluación del escurrimiento y la erosión en condiciones de sabana y bosque claro de alta pendiente. Caso Macapo, Estado Cojedes. Dicho trabajo fue enfocado a aquellas zonas de alta pendiente, obteniendo como resultado que las pérdidas de suelo de la sabana y el bosque claro fueron similares, demostrando que en éstos casos el impacto de la gota de lluvia sobre el suelo es mucho más determinante en la erosión que la erosividad del escurrimiento, ya que en estas coberturas el escurrimiento fue distinto. Adicionalmente, se determinó que la intensidad de las lluvias es de menor importancia que la vegetación sobre el proceso erosivo.

- J. Díaz, G. Royero y G. Materano (Profesores de la Escuela de Agronomía y Escuela de Geodésica, LUZ, Maracaibo), realizaron una investigación sobre, el estado actual de erosión hídrica en la cuenca del río Motatán Sector Monay – Torococo – Mitón. Para éste trabajo se tuvo que realizar un levantamiento con fines de erosión en un sector de la cuenca del río Motatán, y una vez analizado los cambios de tono y densidad de drenaje con la finalidad de clasificar el área de estudio de acuerdo con el tipo y grado de erosión hídrica presente. Los resultados reflejan la importancia del trabajo en lo que respecta a las medidas o acciones preventivas y correctivas a tomar en la solución de problemas de erosión, lo cual constituye una valiosa herramienta, útil en la planificación y conservación de los recursos naturales renovables.

Una vez revisado los resultados obtenidos por éstos investigadores venezolanos, se puede observar la importancia que tiene el factor de erosión de suelo producida por el agua, y el valor de tomar medidas preventivas o correctivas, según sea el caso para así minimizar éste efecto.

## **2.2- Factores que contribuyen a la erosión en los suelos.**

Según M. Derruau (1978), la erosión de los suelos se puede producir debido a muchos factores de carácter físico y ambiental, de los cuales podemos destacar, la naturaleza del suelo y del subsuelo, la pendiente, el régimen climático, la vegetación natural terrestre y el régimen de cultivo, siendo éstos los que aportan una mayor contribución al fenómeno de pérdida de suelo, es por ello que:

- La naturaleza del suelo y subsuelo: influye en la dimensión de los derrubios, y depende del grado de coherencia y la permeabilidad que puedan ser más o menos erosionables; por ejemplo, las arcillas son los

---

elementos más sensibles a la formación de torrentes y las arenas a la deflación.

- La pendiente: Está demostrado que los terrenos con altas pendientes sufren de mayores problemas de erosión es por ello que, el valor óptimo para la pendiente debería ser aquel que garantice que las aguas no queden estancadas, sino por el contrario, circulen por el suelo a unas velocidades tales que no arrastren cantidades significativas de sedimentos sueltos en la superficie.
- Régimen climático: El régimen climático puede promover en cierta forma la erosión de los suelos, principalmente en aquellos sitios que han pasado por una sequía significativa (estrés hídrico), el inicio de las lluvias puede promover la generación de surcos en la superficie del suelo. De igual forma las lluvias muy prolongadas afectan la superficie de los suelos, aun en terrenos permeables, ya que saturan el suelo y se intensifica el arrastre del mismo.
- Vegetación natural terrestre: Dependiendo del tipo de cobertura que se encuentre en la zona, los suelos pueden estar mas expuestos a la erosión, ya que en aquellos lugares donde predominan los pastizales, los suelos gozan de una buena protección, al no estar expuestos directamente al efecto que producen las precipitaciones sobre él; por el contrario en el caso de una vegetación xerófito donde se encuentran expuestas grandes áreas de suelo, siendo vulnerables a la acción de las lluvias.
- El sistema de cultivo: influye quizás tanto como la naturaleza de la planta cultivada. Un arado en el sentido de la pendiente favorece el arrastre de los sedimentos, de igual forma, el uso de cultivos continuos también

afecta la calidad del suelo debido a la disminución de la tasa de incorporación de humus, afectando la coherencia del suelo, los cultivos que dejan el suelo al desnudo son los que mas favorecen la erosión; por el contrario, aquellos que suelen ser frondosos constituyen una protección excelente.

### **2.3- Tipos de erosión en los suelos de Venezuela producida por las aguas**

Los procesos de erosión hídrica están relacionados con los recorridos que realiza el agua sobre la superficie del suelo de ahí la importancia del ciclo hidrológico.

Cuando comienzan las precipitaciones parte de la lluvia cae directamente sobre el suelo produciendo el efecto de salpicadura, lo que ocasiona un desprendimiento de las partículas de suelo, las cuales, posteriormente son transportadas sobre la superficie del mismo a favor de la pendiente, como flujo superficial, provocando la erosión como flujo laminar, en surcos o cárcavas.

Según R.P.C. Morgan (1997), pueden distinguirse cuatro tipos de erosión:

- a) Erosión por salpicadura: es la producida por la acción de las gotas de lluvia sobre las partículas del suelo. Se puede considerar que el efecto de la salpicadura sobre un suelo desnudo es el agente más importante para el desprendimiento de las mismas, debido al golpeteo constante de las gotas sobre la superficie tienden a debilitarse los suelos, propiciando de esta manera la erosión de los mismos.
- b) Erosión Laminar: es la producida por un flujo superficial durante una tormenta cuando se supera la capacidad de almacenamiento de agua y

se excede el límite de infiltración en los suelos. Un factor importante que interviene en éste tipo de erosión es la velocidad del flujo. Debido a la resistencia del suelo, la velocidad debe alcanzar un valor umbral antes de que se inicie la erosión. Generalmente este tipo de erosión actúa sobre suelos que pueden disgregarse fácilmente, a menudo pobres en humus disminuyendo incluso el contenido de éstos, adelgazando así la capa de suelo.

**Foto N° 1 Erosión Laminar en campo agrícola**



En esta foto se observa desarrollo incipiente de erosión laminar o superficial debido a prácticas agrícolas

- c) Erosión en surcos: Este tipo de erosión es producto de la canalización de la escorrentía, que ocurre por lo general aguas abajo de las laderas. La ruptura del flujo superficial en pequeños canales fue estudiada por Moss, Green y Hutka (1982). Ellos comprobaron que, además del flujo principal pendiente abajo, se desarrollan cauces de flujo secundarios

con una componente lateral. Donde estos convergen, el aumento de la descarga intensifica el movimiento de las partículas y se abren pequeños canales o zanjas por abrasión.

**Foto N° 2 Erosión en surcos**



En esta foto se observa el talud desnudo de una ladera cruzado por surcos de pequeña profundidad que degradan la superficie del suelo

- d) Erosión en cárcavas: Las cárcavas son cursos de agua relativamente permanentes con paredes empinadas, que conducen efímeros flujos durante las tormentas, se podría decir que es un caso particular de la erosión de canales, en donde la erosión laminar y de canales es muy acentuada, además puede producir la falla de los taludes. Las cárcavas tienden a tener mayor profundidad y menor ancho comparado con la de un cauce estable, transportan mayor cantidad de sedimentos y su principal característica es su constante crecimiento, tanto en extensión

(área) como en profundidad. La aparición de las cárcavas concuerda generalmente con estados muy avanzados de erosión del sitio.

A continuación se muestran unas imágenes de cárcavas.

**Foto N° 3 Cárcava profunda en ladera**



En esta foto se observa una cárcava profunda de gran desarrollo. Son notorias las paredes empinadas y la presencia de rocas en el fondo del mismo, producto de la falla de taludes

**Foto N° 4: Cárcava en desarrollo en ladera descubierta**



Cárcava en desarrollo, ya superada la fase de surco. Se puede observar las paredes verticales y relación de mayor profundidad respecto a la anchura de la misma.

Otros ejemplos de erosión producida por el paso del agua, es aquella que se denominada erosión localizada, que se genera alrededor de una obra de drenaje que probablemente no fue correctamente colocada o su capacidad de diseño no fue la adecuada, en las fotos que se muestran a continuación se puede evidenciar éste fenómeno.

**Foto N° 5 Erosión localizada en drenaje lateral de vía**



En esta foto se puede observar la erosión lateral de la obra de drenaje ubicada en el Parque Nacional El Ávila, producto de la colmatación de sedimentos de la misma, disminuyendo así su capacidad de transporte y produciendo como consecuencia la erosión de la obra en toda su longitud.

De manera ilustrativa se puede calcular un estimado de la pérdida de suelo que se observa en la foto N° 5, la cual, fue tomada en diciembre de 2006 y en sitio se encuentra registrada la fecha de construcción de la obra, que data de diciembre 1999, en el punto más crítico de erosión se pudo medir una pérdida de 60 cm aproximadamente, la cual ha ocurrido en un lapso de tiempo de 7 años, si se supone que la pérdida ha sido gradual, anualmente se ha perdido 8,57 cm, teniendo la obra una longitud de 100 m y un ancho de la franja afectada de 1m, se podría decir que anualmente se ha perdido 0,086 cm/año, con la finalidad de conocer la cantidad de Mg/ha/año que se pierden se utilizó para la conversión de unidades un densidad de suelo promedio de 1600 Kg/m<sup>3</sup> y se aplicó lo siguiente:

$$1 \frac{Mg}{ha \times año} = 1 \frac{Mg}{ha \times año} \times \frac{1000Kg}{1Mg} \times \frac{1ha}{10000m^2} = \frac{1}{10} \frac{Kg}{m^2} \Rightarrow$$

$$Si D = 1600 \frac{Kg}{m^3} \Rightarrow$$

$$Profundidad de suelo perdido = \frac{1}{10} \frac{Kg}{m^2} \times \frac{1}{1600} \frac{m^3}{Kg} = 0,0000625m \text{ ó } 0,00625cm$$

Entonces para una pérdida anual igual a 0.086 cm, tenemos:

$$Perdida de suelo = \frac{0.086cm \times 1 \frac{Mg}{ha \times año}}{0.00625cm} = 13.76 \frac{Mg}{ha \times año}$$

Llevando hasta el momento una pérdida de 0,6 cm, lo que equivale a:

$$Perdida de suelo = \frac{0.6cm \times 1 \frac{Mg}{ha \times año}}{0.00625cm} = 96 \frac{Mg}{ha \times año}$$

## 2.4- Determinación de la pérdida de suelo (Ecuación Universal de pérdida de Suelo)

La ecuación universal de pérdida de suelo (USLE) fue desarrollada por Wischmeier y Smith (1978), y consiste en un modelo que permite estimar la erosión anual promedio a largo plazo para combinaciones específicas de condiciones físicas y de uso del terreno. En 1998 aparece la USLE modificada por Renard et al., llamándose RUSLE, ambos modelos se definen igual, los cambios de la segunda radican en los procedimientos para estimar los factores erosivos, expresándose en el sistema métrico internacional, como:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

Donde:

A = pérdida de suelo en Mg/ha/año

R = factor erosividad de la lluvia en  $(Mj^1 * mm) / (ha * h * año)$

K = factor erosionabilidad del suelo en  $(Mg^2 * ha * h) / (ha * Mj * mm)$ , este factor se obtiene utilizando en nomograma de erodabilidad de Wischmeier y Col (1971)

L = factor longitud del terreno (adimensional)

S = factor pendiente del terreno (adimensional)

C = factor cobertura y manejo de la vegetación (adimensional)

P = factor prácticas de conservación (adimensional)

- Pérdida de suelo (A) : es la pérdida promedio para el intervalo de tiempo representado por el factor R, expresado en las unidades en las cuales se expresan las pérdidas de suelo en el factor K (usualmente en Mg / ha). Si el valor R es anual, entonces A será anual.
- Factor R: es una medida de la fuerza erosiva de la lluvia y el flujo de escorrentía. Usualmente es igual a los valores locales del índice de erosión del parámetro lluvia EI, el cual se calcula comúnmente en términos anuales, a través de la sumatoria del EI de las tormentas erosivas individuales. El EI es el producto de la intensidad máxima de la lluvia en 30 minutos por la energía cinética total del aguacero, entre 100.
- Factor K: refleja la susceptibilidad a la erosión intrínseca al suelo mismo. Para un suelo dado, K es igual a las pérdidas de suelo promedio por unidad del factor R producida en una parcela de 22 m de longitud y 9% de pendiente, en barbecho desnudo continuo trabajando en sentido de la pendiente. Puede medirse en condiciones de topografía diferentes y

---

<sup>1</sup> Mj = Mega Joules

<sup>2</sup> Mg = Mega gramos.

ajustarse a las condiciones de topografía estándar con una fórmula para evaluar el efecto de la pendiente. Este factor también puede calcularse como una función de las propiedades físicas y químicas del suelo a través de los nomogramas de Wischmeier y Smith (1978), Jonson y Cross (1971).

- Factor L: es un factor adimensional que ajusta las pérdidas de suelo estimadas para efectos de longitud de la pendiente en el campo. Es la relación de pérdidas de suelo de la longitud de la pendiente del campo con aquellas obtenidas en la longitud de 22 m sobre el mismo tipo de suelo y gradiente de pendiente.
- Factor S: es un factor adimensional que al igual que L ajusta las pérdidas de suelo estimadas por efectos del gradiente de la pendiente en el campo. Es la relación de pérdida de suelo del gradiente en un campo dado entre las obtenidas con 9% de gradiente en iguales condiciones que los demás factores.

El Factor LS es el producto de los subfactores longitud (L) y pendiente (S) del terreno, quienes se calculan con las siguientes expresiones algebraicas (McCool et al. 1987 y 1989, y Foster et al. 1977):

$$L = (\lambda / 22.13)^m$$

$m = \beta / (1 + b)$  ó valor obtenido de la siguiente tabla.

Valores de m según la pendiente

Pendiente (%)	m
< 1	0.2
1 – 3	0.3
3 – 5	0.4
> 5	0.5

$$\beta = \{(\text{sen } \theta / 0.0896) / [3.0 (\text{sen } \theta)^{0.8} + 0.56]\} * r$$

$$S = 10.8 \text{ sen } \theta + 0.03; \text{ para } p < 9\%$$

$$S = 16.8 \text{ sen } \theta - 0.50; \text{ para } p > 9\%$$

Donde:

$\lambda$  = longitud del terreno (m)

m = exponente variable según  $\beta$

$\beta$  = relación erosión en surco a erosión entresurco

$\theta$  = ángulo de inclinación del terreno

r = coeficiente igual a: 0.5, en tierras forestales o pastizales; 1, en terrenos agrícolas; y 2 en sitios de construcción.

- Factor C: es la relación entre las pérdidas de suelo de un campo con un cultivo y manejo específico y aquellas obtenidas en las condiciones de barbecho continuo en las cuales se evalúa K.
- Factor P: es la relación entre la pérdida de suelo con la labranza en contorno, barreras vivas, terrazas de drenaje y aquellas producidas con la labranza en sentido de la pendiente.

Cabe destacar que la USLE ha sido usada ampliamente en Venezuela arrojando valores satisfactorios, por lo que se convierte en una herramienta útil para la evaluación del riesgo de erosión.

Existen algunos aspectos de la USLE que perjudican su uso en Venezuela, como la incorrecta expresión de las unidades, la mezcla de unidades de medida de diversos sistemas y la falta de información sobre las unidades de expresión

(López, 1990). De igual forma Páez (1989, 1990) recomienda, que se deben ajustar los factores de la ecuación a nuestras condiciones.

Una de las limitaciones que tiene la USLE es no permitir estimar la erosión por flujo concentrado, ni determinar el tipo de sedimento o su concentración ya que el factor hidrológico sólo está contemplado en el término erosividad de las lluvias, por lo que no se recomienda el uso de ésta ecuación en condiciones extremas (eventos cuya frecuencia de ocurrencia no sea la normal).

## **2.5- Características de los Suelos en Venezuela**

Según el texto de Educación Ambiental, Serie Azul de FEDUPEL (2000) indica que desde el punto de vista fisiográfico, el territorio venezolano presenta una gran variedad de suelos, producto de la diversidad de paisajes y de climas existentes en la geografía venezolana, para intentar explicar y sintetizar esta variedad, el territorio venezolano se divide en siete grandes subregiones con la finalidad de describir los suelos existentes en cada una de ellas, las cuales son:

- Región Bolívar – Amazonas: la cubierta vegetal es boscosa con planicies aluviales y macizos montañosos. El tipo de roca ígnea (granitos) junto al cuarzo y feldespato, constituyen la base mineralógica de estos suelos. La geología, las altas temperaturas y precipitaciones, facilitan el arrastre mecánico y el transporte de los sedimentos de las partes altas para depositarse en las partes bajas. Por ser suelos muy viejos, con las características anteriores, se ubican como suelos de muy baja fertilidad.

Adicionalmente se le suma la afectación de las zonas de Ciudad Bolívar y Puerto Ordaz, debido al crecimiento urbano, lo cual conlleva a la modificación del escurrimiento superficial de las aguas de lluvia, de igual forma hay que considerar que en dicha zona existe la explotación en algunos sectores de la

minería lo que produce un arrastre considerable de partículas de suelo, produciendo en algunos casos un efecto severo de erosión.

- Delta del Orinoco: presenta alturas promedio por debajo de los 100 msnm, temperaturas promedio anuales superiores a los 26°C y precipitaciones promedio anuales que oscilan entre los 1260 mm y 2800 mm. Estas zonas tienen pendientes menores de 0,5% percibiéndose una topografía plana que presenta condiciones de saturación hídrica total o parcial por servir de cuña o freno en la sedimentación fluvial o marina. El predominio de los suelos minerales (70%) y el desarrollo del material orgánico da pie para agrupar estos suelos en dos tipos principales: a) los derivados del material fluvial con contenidos de carbón mayores al 0.2% a profundidades mayores de 1.25 m; y los suelos minerales de material marino donde el sulfuro de hierro (pirita), y las arcillas marinas los hacen suelos muy ácidos con pH menor de 3.5 con producción de aluminio, presentándose niveles tóxicos para casi todas las plantas, b) los suelos orgánicos que ocupan el 25% de la región deltaica, se forman por la acumulación del material orgánico en forma de turba en las zonas bajas, mientras que en las zonas altas su potencial agrícola es mayor.

En esta zona predomina principalmente el proceso de sedimentación en lugar de un proceso de erosión.

- Cordillera de la Costa y Región Insular: constituida por las serranías del Litoral y la del Interior con alturas que oscilan entre 1400 y 2760 msnm. Esta región presenta valles y depresiones intramontañas con relieve quebradizo y condiciones climáticas de húmeda a muy húmeda. En éstos valles se observa una mayor evolución del suelo con una mediana acumulación de materia orgánica y enriquecimiento de arcilla, por ello se los cataloga como suelos de vocación agrícola por excelencia. Toda la región se agrupa en: a) los valles intramontanos de la Región Central y Oriental y depresión del Lago de

Valencia, considerados entre los de mejor calidad del país por ser un relleno aluvio – coloidal y lacustrino (depósitos de génesis variada: arrastre de suelos de las partes altas, material mineral muy fino y suelos con alto contenido de materia orgánica). Son suelos muy evolucionados mineralógicamente, bien drenados, textura variada y buena aireación; b) La Región Montañosa Oriental que reúne las principales unidades fisiográficas como montañas, colinas, mesas, valles intramontanos, planicie deltáica, ciénagas costeras y litoral. Además, por la presencia de rocas esquistas, cuarcíticas y calcáreas, como la caliza, producen suelos con mediana fertilidad. Buena parte de estos suelos tienen cobertura boscosa, lo que permite desarrollos de suelos más profundos en comparación con la zona costera; c) La Región Insular se caracteriza por tener poca cobertura vegetal, predominando el tipo de vegetación xerófito, la cual no brinda ninguna protección a los suelos existentes, por lo que son suelos fáciles de sufrir procesos de erosión, ya sea a través de las gotas de lluvia o por los vientos.

Según comentarios realizados por Godoy<sup>3</sup>, hay que tomar en cuenta que en la cordillera de la costa predominan pendientes fuertes, por lo que son zonas sujetas a deslaves, cuando se combinan intensas y prolongadas lluvias con altas pendientes originándose flujos torrenciales con alta capacidad de arrastre debido a las grandes velocidades que puede adquirir el agua al momento de escurrir superficialmente, de igual forma también hay que considerar que son zonas de alto crecimiento urbano lo que origina una modificación de la escorrentía superficial.

- Región Andina: por estar en zona montañosa, presenta gran variedad de suelos. En líneas generales, son suelos de poco desarrollo, superficiales

---

<sup>3</sup> Ing. Geólogo, RGR Ingeniería C.A., 2006

pedregosos. Esta región comprende un área de 30.000 km<sup>2</sup>, discriminados en 380 km de largo y 90 km de ancho, ubicándose por encima de 2000 msnm hasta los 5000 msnm. En los niveles bajos (entre 200 y 400), existen terrazas típicas y conos de deyección, fundamentalmente en el área montañosa baja y en el piedemonte. Esta región constituye el área del país que presenta un uso agrícola más antiguo en relación con el resto del territorio nacional.

Al igual que la Cordillera de la Costa esta región está formada por grandes pendientes lo que bajo condiciones severas puede propiciar deslaves en las partes altas de la zona, ocasionando así la pérdida de suelo.

- Región de los Llanos: con una superficie de 300.000 km<sup>2</sup> y ocupando la parte central, oriental y occidental del país, estos suelos están formados por sedimentos de diferentes edades, pero relativamente jóvenes, la variable climática más importante es la precipitación, registra además una vegetación natural de bosques y sabanas. Por sus características, esta región presenta variedad de usos: desde la agricultura y ganadería intensiva al occidente y centro, hasta el aprovechamiento mineral (hidrocarburos) en casi toda su extensión. Hay que destacar que existen zonas al sur de Edo. Guárico y Anzoátegui donde existen relieves antiguos de erosión intensa y procesos nuevos, relacionados con concentración de descargas de agua en obras viales.
- Región Centro Occidental: el área comprende una superficie de 49.000 km<sup>2</sup>, aproximadamente, en la que predomina una topografía accidentada con solamente un 15% aprovechable para fines agrícolas. Presenta muchos problemas de erosión, los mayores a nivel nacional. El hombre es causa directa de ello, además de las condiciones climáticas agresivas con lluvias de alta intensidad y poca duración. Solamente el 10% tiene condiciones húmedas favorables para la presencia de una cobertura vegetal densa.

- Cuenca del Lago de Maracaibo: esta región presenta diversidad de suelos por sus variantes geológicas y climáticas: desde muy secos y áridos al Nor-Oeste hasta suelos con recubrimiento vegetal con incorporación de materia orgánica y cobertura vegetal más densa; cuencas de grandes ríos al Sur-Oeste del Lago con mucha incorporación de materia orgánica; al Sur, una cuenca con deficiencia de drenaje en la que se forman planicies cenagosas con presencia de turba, muy aptas para la agricultura y la ganadería. Esta zona se ha visto afectada por las labores de deforestación de las cuencas de sus principales ríos.

De igual forma se podrían agrupar estos suelos dependiendo del grado de erosión que presentan de acuerdo con el esquema siguiente:

Nivel de erosión	Pérdida de suelo en Mg/ha/año	
	Fuente: F.A.O (2004)	Fuente: Ospina y Elizalde, ULA, 2004
Fuerte	50 – 200	> 200
Moderado	10 – 50	50 - 200
Leve	< 10	10 - 50

A continuación se presenta la ubicación de distintos niveles de erosión presentes en Venezuela.

- Áreas con fuerte erosión: son aquellas formadas por la zona Nor-Oeste de la cuenca del Lago de Maracaibo, región andina, región Centro Occidental, Cordillera de la costa con pequeños focos ubicados en zona Nor-Este de la Región de los Llanos.
- Áreas con erosión moderada: son aquellas formadas por la mayor parte de la Cuenca del Lago de Maracaibo, región de los Llanos y la Región Insular.

- Áreas sin mayores problemas de erosión o con erosión leve: son aquellas formadas por la Región Bolívar – Amazonas y el Delta del Orinoco.

## **2.6- Factores afectados por la erosión de los suelos en Venezuela**

Según los textos Principales Problemas Ambientales en Venezuela y el Atlas de suelos de Venezuela Publicados por Fundambiente (1998) y el Instituto Nacional de Investigación Agrícola (s.f) respectivamente, indican que, una de las principales inquietudes que se presentan al momento de hablar de erosión, son los factores del medio que rodean al hombre, que se pueden ver afectados por este proceso de degradación de los suelos. Una vez analizado los distintos factores, se puede concluir que los considerados de mayor importancia reportados por la bibliografía consultada son: las aguas, la vegetación y la fauna, el clima, el paisaje y la afectación de actividades productivas, a continuación se describe brevemente cada uno de ellos.

- a) Las aguas: el transporte de las partículas sólidas provenientes del proceso de erosión trae consigo un incremento en la sedimentación de los cauces existentes. Esto disminuye considerablemente la vida útil de los reservorios de agua, y afecta directamente a las instalaciones hidroeléctricas y sistemas de riego dependientes de éstas, como ocurre, por ejemplo, en la represa de Santo Domingo y Uribante-Caparo. El arrastre de sedimentos también está afectando a los arrecifes cercanos a la costa, como es el caso del Parque Nacional Morrocoy, por efectos de las descargas del río Tocuyo.
- b) La vegetación y la fauna: Evidentemente, hay una relación directa entre la degradación del suelo y el potencial biológico existente allí (macro/ micro flora y fauna). Un suelo degradado implica, necesariamente, un cambio negativo en

su estructura o composición físico-química, lo que reduce las posibilidades de desarrollo de la flora y la fauna.

- c) El clima: Cuando las áreas de los suelos degradados cubren grandes extensiones, pueden producir alteraciones del microclima como los cambios de temperatura, humedad, dirección e intensidad del viento en el área.
- d) El Paisaje: Al momento de ocurrir una degradación de suelos en una extensión considerable se genera una variación del paisaje original negativa, al disminuir la vegetación y alterar la composición de la flora y fauna existentes.
- e) Afectación de actividades productivas: Es incalculable el costo social de la degradación de los suelos, puesto que disminuye la producción de alimentos, productos de origen vegetal – animal y se podría llegar a reducir el abastecimiento de agua, lo cual impacta directamente al desarrollo social.

## **2.7- Marco legal.**

En el año 1972, en Europa, se publica la Carta Europea del Suelo en cuyo contenido se expresa la importancia de los suelos a nivel ambiental y en donde se afirma: “El suelo es uno de los bienes más preciosos de la humanidad. Permite la vida de los vegetales, de los animales y del hombre, en la superficie de la tierra”. Posteriormente, en 1990, en la Reunión Mundial de Asociaciones de Derecho Ambiental se concluyó sobre la necesidad de protección de los suelos como un bien de interés general, cuyo uso debe hacerse respetando los intereses colectivos presentes y futuros.

En la actualidad existe la tendencia de considerar, en un sentido temporal al menos, al recurso suelo como un recurso natural no renovable, así la Declaración de Limoges de 1990 matizadamente alude a su consideración como recurso “no

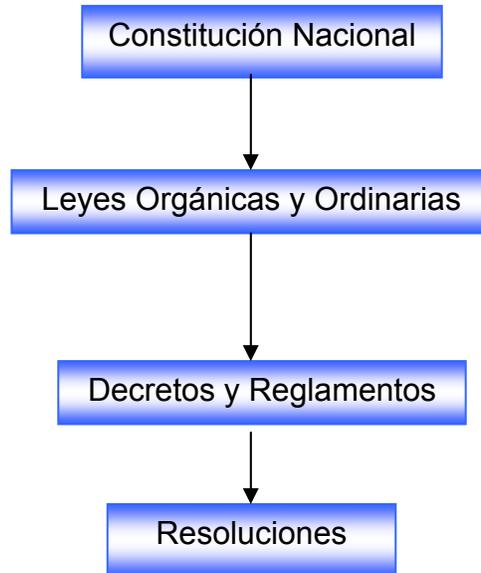
enteramente renovable” y la Carta Europea del Suelo dice que “su reconstrucción una vez deteriorada o destruida puede durar siglos”, debido a los lapsos de tiempo necesarios para la formación de 1 cm de suelo forestal, los cuales se calculan pueden estar entre 200 y 400 años.

Un proceso erosivo grave puede conducir progresivamente a la destrucción casi total de la capacidad biológica del suelo al aflorar la roca compacta, por lo que su recuperación natural puede llevar tanto tiempo que se daría por perdido. Estos procesos se pueden acelerar debido a la intervención humana, pero igualmente se pueden corregir a tiempo.

A pesar de la importancia de los suelos como el soporte biológico de toda la tierra emergida, no se le ha brindado desde el punto de vista legal, una atención específica para su protección.

En Venezuela el marco legal ambiental existente, está regido por la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999), por lo tanto a continuación, en la figura 2.1, se presenta el modo en que se estructura la legislación ambiental venezolana, a través de la pirámide jurídica ambiental. Posteriormente, en la tabla 2.1, se resumen los instrumentos legales de índole ambiental relacionados con el ambiente y los suelos.

**Figura 2.1.- Estructura jerárquica de los instrumentos legales venezolanos**



Cabe destacar que a pesar que todas las leyes y decretos expuestos a continuación contemplan al suelo como un recurso natural. No existe en ninguno de ellos, rangos que limiten la utilización del mismo, en función de los procesos erosivos generados por acciones antrópicas en los suelos.

**Tabla 2.1.- Resumen de los instrumentos legales relacionados con ambiente y suelo.**

<b>Constitución Nacional</b>	<b>Alcance</b>
Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. (20/12/1999)	Artículo 107- Incorpora a la educación ambiental como obligatoria dentro del sistema educativo y de la educación ciudadana no formal. Artículo 127- Establece los deberes y derechos ambientales. Sobre el genoma humano, se define que el mismo no podrá ser patentado. Artículo 128- Define la responsabilidad del Estado en cuanto a las políticas de ordenación del territorio de acuerdo con un desarrollo sustentable. Artículo 129- Establece, que todas las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas deben estar acompañadas de los estudios de impacto ambiental y socio cultural. Se fijan condicionantes para la entrada al país de desechos tóxicos y peligrosos, así sobre la fabricación y uso de armas nucleares, químicas y biológicas.
<b>Leyes Orgánicas y Ordinarias</b>	<b>Alcance</b>
Ley Orgánica del Ambiente. Gaceta Oficial 5.833 Extraordinaria del 22/12/2006	Establece los principios rectores para la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente en beneficio de la calidad de vida
Ley Penal del Ambiente del 2/01/1992	Tiene por objetivo tipificar como delitos aquellos hechos que violen las disposiciones relativas a la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente, y establece las sanciones penales correspondientes. Asimismo, determina las medidas precautelativas, de restitución y de reparación a que haya lugar.
Ley Forestal de Suelos y Agua. Gaceta Oficial Ext. 1004 del 26/01/1966.	Conservación, fomento y aprovechamiento de los recursos naturales que en ella se determinen y los productos que de ella se deriven.

<b>Decretos</b>	<b>Alcance</b>
Decreto N° 1.257. Gaceta Oficial N° 35.946 del 25 de Abril de 1996	Normas sobre Evaluación Ambiental de Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente.
Decreto N° 2.212. Gaceta Oficial N° 35.206 del 7/05/1993	Normas sobre el Movimiento de Tierra y Conservación Ambiental.
Decreto N° 2.219. Gaceta Oficial N° 4.418 del 27/04/1992	Normas para regular la afectación de los Recursos Naturales Renovables asociados a la Explotación y Extracción de Minerales.
Decreto N° 2.226. Gaceta Oficial N° 4.418 Ext. Del 27/04/1992	Normas para Establecer las Medidas y Practicas Conservacionistas que deben ejecutarse en la Apertura, Construcción y Mantenimiento de Picas y Vías de Acceso para Atenuar Efectos Ambientales.
Decreto N° 1.659 Gaceta Oficial Ext. 34.808 del 27/09/1991	Reglamento Parcial de Ley Forestal de Suelos y Aguas.

## CAPITULO 3

### MARCO REFERENCIAL CONCEPTUAL

#### 3.1- Generalidades

Toda actividad humana genera cambios en el medio ambiente y éstos pueden ser significativos y causar, en cierta medida, afectaciones que alteran la calidad del medio donde habitamos. Es por esto que la Evaluación de los Impactos Ambientales se ha considerado herramienta muy importante para la protección del medio ambiente.

Según Gómez Orea (1999) se puede definir Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) como: *“un proceso de análisis, más o menos largo y complejo, encaminado a que los agentes implicados formen un juicio previo, lo más objetivo posible, sobre los efectos ambientales de una acción humana prevista, llamada proyecto, y sobre la posibilidad de evitarlos, reducirlos a niveles aceptables o compensarlos”*.

De lo antes expuesto se puede decir que las actividades humanas generan, en la mayoría de los casos, impactos al medio que las rodea; es por eso que en Venezuela existe el Decreto 1.257 (1996) que regula las actividades que requieren de la elaboración de una Evaluación de Impacto Ambiental y Socio-Cultural (EsIA y SC).

De acuerdo con la normativa existente y una vez conocido el tipo de proyecto al que se le va a realizar una Es.I.A. y SC. se procede a la identificación de los posibles impactos que éste podría producir al medio ambiente. La metodología a ser utilizada para tal fin se desarrolla según dos (2) líneas

paralelas, una que analiza el proyecto y que desemboca en la identificación de las acciones de éste susceptibles de producir impactos significativos y otra que analiza el entorno afectado para identificar los factores del medio que presumiblemente serán alterados por aquellas acciones; ambas líneas confluyen en una tarea destinada específicamente a la identificación de efectos potenciales mediante la búsqueda de relaciones causa-efecto entre las acciones y los factores, utilizando para ello técnicas adecuadas, a saber:

- Matrices de relación causa-efecto
- Matrices sucesivas o escalonadas
- Matrices cruzadas o de acción recíproca
- Redes de relación causa-efecto
- Técnicas de superposición
- Simulación cualitativa de interacciones.

Las técnicas mencionadas representan relaciones que potencialmente pueden generar un impacto, pero la estimación de éstos como significativos o no, debe ser objeto de reflexión sobre la realidad del proyecto que se evalúa y sobre la forma como será gestionado durante su puesta en marcha.

Con la finalidad de poder jerarquizar los impactos potenciales que pudiesen ser originados por un proyecto, es necesario tener todos los valores en unidades comparables, para tal fin se desarrollaron métodos basados en la valoración de criterios que permiten lograr el objetivo trazado y así obtener un valor que permita indicar si el nivel de afectación ambiental ocasionado por el proyecto es bajo, medio o alto.

Con la finalidad de disminuir los juicios de valor que pueden causar sesgo e incertidumbre en los resultados, debido a los múltiples criterios que pueden

manejarse por el evaluador en la valoración de los factores. Se necesita contar con metodologías que reduzcan el carácter subjetivo de las evaluaciones al crear técnicas sistemáticas y del conocimiento del público, que permitan obtener los resultados más objetivamente, facilitando así la convergencia de criterios. Así, surge la necesidad de generar unas funciones de transformación, las cuales serán construidas por la participación de un número de especialistas en el área para el factor a ser evaluado, quienes identificarán los impactos generados por un determinado parámetro, lo valorarán y jerarquizarán en función de su afectación ya sea en el ambiente en general o en las actividades humanas propiamente dichas, cumpliendo con el objetivo principal que implica la disminución de la subjetividad en la valoración del impacto, .

### **3.2- Valoración de impactos ambientales.**

La valoración de los impactos que se consideren significativos deberá hacerse, en la medida de lo posible, de forma cuantitativa, involucrando a la población afectada en su evaluación, para jerarquizarlos y agregarlos para así obtener el impacto total del proyecto.

Para obtener la valoración de un impacto se requiere, en primer lugar, definir la variable a evaluar, en segundo término, establecer la unidad de medida que permita identificar y cuantificar el eventual impacto, para finalmente, definir, con el concurso de diferentes especialistas en el área, la valoración que cada uno de ellos otorga a las cuantías previamente establecidas.

En el caso en estudio se ha identificado como la variable a evaluar: la erosión del suelo, para cuantificar este impacto se ha establecido como valor cuantificable: la pérdida de suelo ocasionada por la acción erosiva del agua y la valoración implica el establecimiento de rangos de incrementos de pérdidas de suelo que pudieran ser desde propicios o “naturales” hasta inaceptables o

inadmisibles. Así, se ha establecido que se desea valorar el incremento de la pérdida de suelo que se genera al desarrollar un determinado proyecto, siendo la unidad de medida Mega gramos (Toneladas métricas)/Hectáreas/año y el método a ser utilizado es la ecuación de pérdida de suelo propuesta por Wischmeier y Smith (1978) citada en capítulos precedentes.

Para hacer la valoración de los impactos ambientales en unidades medibles y estandarizadas entre 0 y 1, se debe transformar la magnitud del impacto medido en unidades heterogéneas, a unidades homogéneas y adimensionales de valor ambiental. Para ello la metodología utilizada emplea la técnica de las funciones de transformación.

Para obtener las curvas de transformación se pueden utilizar diferentes métodos de consultas a especialistas, como son: Técnica de Jerarquización, Técnica del Proceso de Opinión Personal y de Grupo, Técnica de Ponderación mediante Puntuación, Escala de Importancia Definida, Comparación de Pares no Jerarquizados, Comparación en Pares Jerarquizados, y el Método Delphi, entre otros, siendo este último el más utilizado, debido a que éste, entre otras cosas, garantiza la confidencialidad de las opiniones emitidas por cada especialista participante. En el aparte 3.4 se explica con mayor detalle éste método.

### **3.3- Método de valoración de impactos**

Existen diferentes métodos para valorar los impactos, entre ellos se pueden mencionar como los más conocidos: la Matriz de Leopold, el Método Batalle-Columbus y el Método de los Criterios Relevantes Integrados, entre otros. Este último de gran difusión en Venezuela.

La Matriz de Leopold, es el primer método que se utilizó en la Evaluación de Impactos Ambientales en el año 1971, y consiste en una matriz que relaciona las

acciones a realizar con los efectos que podrían producir a los diferentes factores ambientales, de manera de jerarquizar el impacto producido por una cierta acción y sobre un determinado factor ambiental.

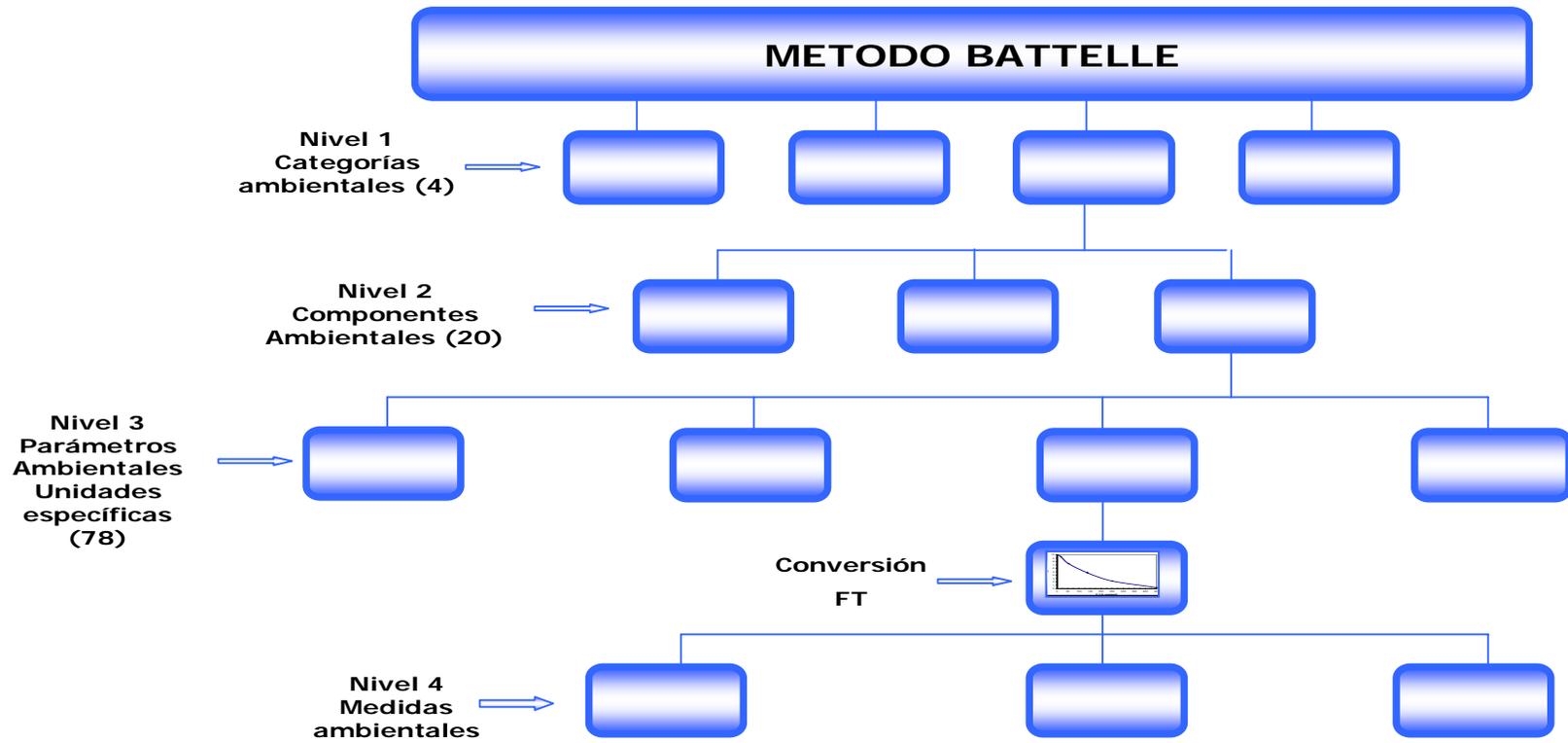
El Método Batelle-Columbus, fue desarrollado en el Instituto Batelle – Columbus (1971) por encargo del Bureau of Reclamation del Dpto. del Interior del Gobierno de los EEUU, ellos generaron un método para cuantificar el impacto ambiental de sus proyectos hidráulicos. Dicho método se basa en la jerarquización de los factores que generan impactos, y recibió el nombre de “sistema de evaluación ambiental de Batelle”, y puede utilizarse para otros casos siempre que no se pierda de vista el país y el tipo de obra para el que se diseñó.

El método opera, como se puede observar en la Figura 3.1, sobre un árbol de factores organizados en cuatro niveles a los que denomina categorías, componentes, parámetros y medidas respectivamente; el más importante de ellos es el tercero: los parámetros, mostrados en la Figura 3.2, incluyen 78 aspectos significativos del medio que merecen ser tratados separadamente y se adoptan como indicadores de impacto; su estimación se hace a través del cuarto nivel: las medidas.

El modelo se puede aplicar según los siguientes pasos:

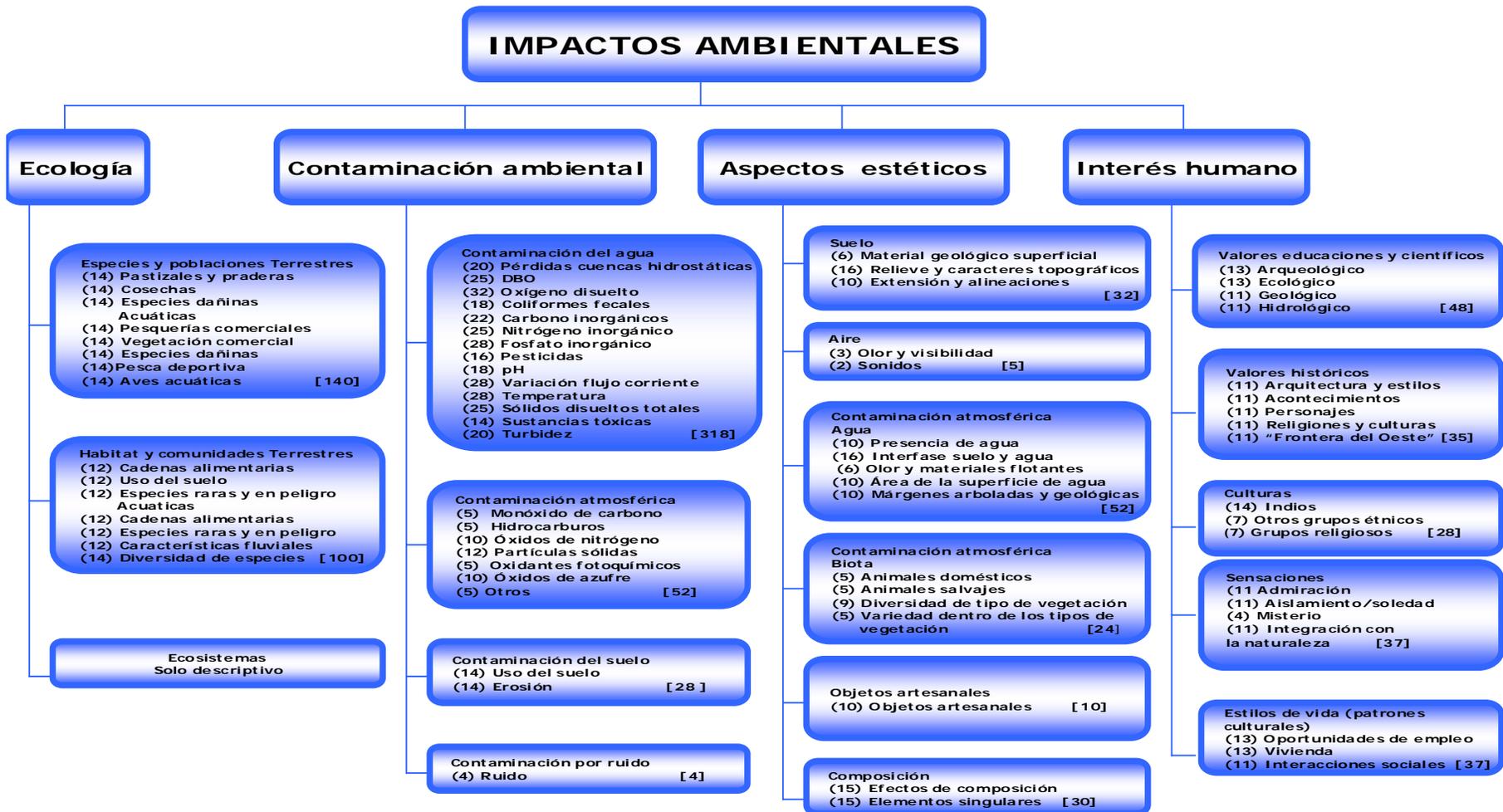
1. Adaptar el árbol al caso a evaluar
2. Estimar el valor de los parámetros en las situaciones “sin” y “con” la actuación proyectada, mediante las medidas y en la unidad correspondiente.
3. Traducir las medidas a unidades adimensionales entre 0 y 1, mediante la utilización de índices de calidad. Los índices de calidad de Batelle tienen la estructura de las denominadas funciones de transformación.

4. Ponderación de los parámetros y obtención del impacto total por suma ponderada. Los coeficientes de ponderación se obtienen repartiendo 1.000 puntos, primero entre las categorías, luego entre los componentes y, por último, entre los parámetros; todo ello de forma sucesiva, es decir, que los puntos asignados a cada categoría se reparten entre los componentes que la forman, y los atributos de cada una de éstas se reparten entre sus parámetros. El método de ponderación que utiliza se basa en la consulta a un panel en el que estén representados grupos políticos, la Administración Pública y grupos de interés social y opera mediante la comparación por pares.



**Figura 3.1.- Sistema de evaluación de Battelle – Collumbus.**

Fuente: Guillermo Espinosa (2001), Fundamentos EIA, BID (adaptado)



**Figura 3.2.- Diagrama del sistema de evaluación ambiental de Batelle.**

Fuente: M. T. Bolea, Las Evaluaciones de Impacto Ambiental, Cuadernos CIFCA 1977. Madrid

Vale la pena destacar que el peso dado a la erosión del suelo en esta matriz es menor, puesto que el puntaje asignado es de 14 puntos lo cual representa menos del 0,15% de la ponderación dada en general a todos los parámetros ambientales.

Ingeniería CAURA, S.A. (1985) utiliza el Método de los Criterios Relevantes Integrados, consiste en asignar un Valor de Impacto Ambiental (V.I.A), el cual se basa en la utilización de indicadores o criterios para valorar dichos impactos, los valores obtenidos por este método oscilan entre 1 y 10, asignándole valores superiores a medida que el impacto sea más negativo.

Los indicadores o criterios utilizados para valorar los impactos son:

- Probabilidad: este criterio indica si el efecto identificado puede o no ocurrir.
- Intensidad: se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor ambiental, indicando la magnitud o gravedad del impacto, clasificándose dicha magnitud como: total si la destrucción es completa, notable si es elevada, media y mínima si es muy pequeña. Con la finalidad de disminuir la subjetividad se recomienda ampliamente la utilización de las curvas o funciones de transformación, ya que éstas relacionan el nivel de perturbación y la calidad ambiental.
- Extensión: se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto, éste puede: ser puntual, local o generalizado.
- Duración: Es el período de tiempo en que supuestamente aparece el efecto del impacto sobre el factor afectado y a partir del cual, éste retornaría a sus condiciones iniciales previa a la acción, por medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras.

- Reversibilidad: es la posibilidad que tiene el factor afectado de volver a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales.
- Desarrollo: es el tiempo que tarda el impacto en manifestarse después de iniciada la acción generadora, es decir, es el tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto, por lo que se puede clasificar en corto, mediano y largo plazo.

Los pesos asignados para cada criterio de evaluación se presentan en la Tabla 3.1.

**Tabla 3.1.- Asignación de porcentajes para cada criterio de evaluación utilizado en el V.I.A.**

CRITERIO	PORCENTAJE (%)
INTENSIDAD (I)	40
DURACION (D)	10
EXTENSION (E)	20
DESARROLLO (T)	10
REVERSIBILIDAD (R)	20

Fuente: Ing. Joaquín Benítez. Apuntes de EIA, Postgrado UCAB

Dando así un V.I.A. =  $0,4*I + 0,1*D + 0,2*E + 0,1*T + 0,2*R$

Una vez obtenido el valor del V.I.A. se podrá concluir cual es la magnitud del impacto generado y dependiendo del resultado se propondrán las medidas ambientales respectivas. A continuación en la Tabla 3.2 se presenta las categorías de relevancia del impacto en estudio versus el V.I.A. obtenido.

**Tabla 3.2.- Categoría de relevancia del impacto en estudio versus el V.I.A. obtenido**

CATEGORIA DE RELEVANCIA	V.I.A.
Muy Alta	$V.I.A. \geq 8$
Alta	$5,9 < V.I.A. < 7,9$
Media	$4,5 < V.I.A. < 5,8$
Baja	$4,4 \geq V.I.A.$

Fuente: Ing. Joaquín Benítez. Apuntes de EIA, Postgrado UCAB

En las tablas 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 y 3.7 se indica la ponderación de cada uno de los criterios utilizados para la obtención del V.I.A..

**Tabla 3.3.- Intensidad**

Intensidad	Valor Socio-Ambiental			
	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo
Fuerte	10	7	5	2
Medio	7	7	5	2
Suave	5	5	2	2

Fuente: Ing. Joaquín Benítez. Apuntes de EIA, Postgrado UCAB

**Tabla 3.4.- Desarrollo**

<b>Desarrollo</b>	<b>Valor</b>
T < 2 años	10
2 años < T < 5 años	7
5 años < T < 10 años	5
T > 10 años	2

Fuente: Ing. Joaquín Benítez. Apuntes de EIA, Postgrado UCAB

**Tabla 3.5.- Reversibilidad**

<b>Reversibilidad</b>	<b>Valor</b>
Reversible	2
Reversible corto plazo	4
Reversible mediano plazo	6
Reversible largo plazo	8
Irreversible	10

Fuente: Ing. Joaquín Benítez. Apuntes de EIA, Postgrado UCAB

**Tabla 3.6.- Duración**

<b>Duración</b>	<b>Valor</b>
D < 2 años	2
2 años < D < 5 años	5
5 años < D < 10 años	7
D > 10 años	10

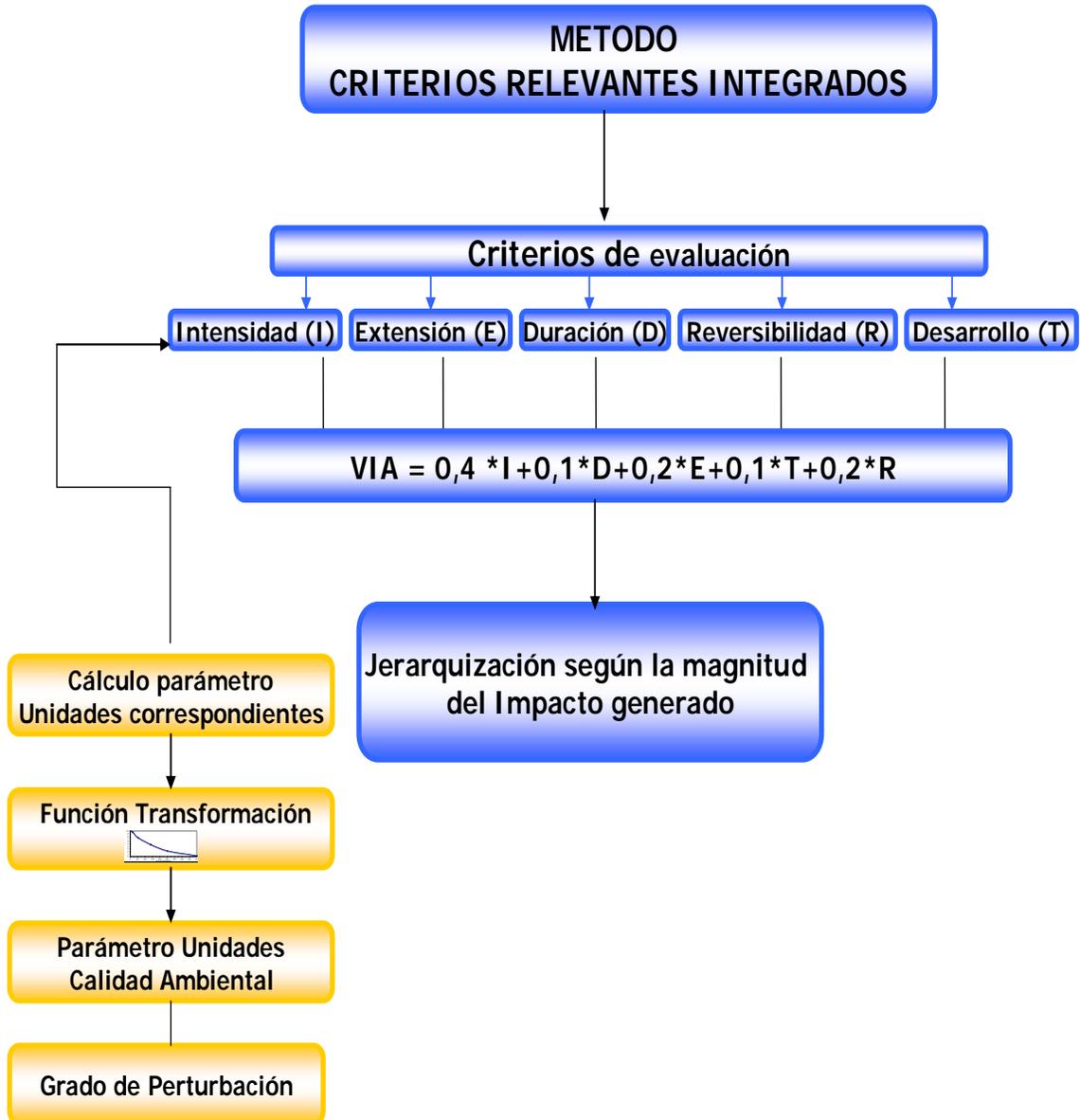
Fuente: Ing. Joaquín Benítez. Apuntes de EIA, Postgrado UCAB

**Tabla 3.7.- Extensión**

<b>Extensión</b>	<b>Área a ser afectada Vs. Área del proyecto</b>	<b>Valor</b>
Generalizada	> 75%	10
Extensiva	35 – 75%	7
Local	10 – 35%	5
Puntual	< 10%	2

Fuente: Ing. Joaquín Benítez. Apuntes de EIA, Postgrado UCAB

En la Figura 3.3 se muestra el esquema general para la aplicación del Método Criterios Relevantes Integrados (CRI), indicando en que momento del mismo se utilizan las funciones de transformación.



**Figura 3.3.- Utilización de la Función de Transformación en el método de los Criterios Relevantes Integrados.**

Fuente: Cesar Marín (2006). Tesis Maestría, UCAB-Caracas.

### **3.4- Método Delphi**

La clave en una Evaluación de Impacto Ambiental, es poder identificar cuales son los parámetros que deben ser analizados. Su selección debe tomar en cuenta que, al cuantificarlos, éstos deben representar, en la medida de lo posible, los efectos que la acción genera en el ambiente.

Una vez identificados los parámetros que han de analizarse, se deben asignar valores concretos para cada uno de éstos y, es en este punto, donde se requiere una Metodología que permita la integración de las opiniones emitidas por los expertos en el área. Entonces, es aquí donde se requiere de métodos como el Método Delphi.

Según los autores Dalkey (1969), Garmendia, A; Salvador, A; Crespo, C.; Garmendia, L (2005) y Mendoza Puga (2000), indican que, el método Delphi fue elaborado por Rand Corporation y fue dado a conocer en 1963, como una técnica alternativa a los métodos de prospección existentes. Dicha técnica consiste en la consulta anónima de un grupo de expertos, a través de la aplicación de una serie de cuestionarios relacionados y suministrados de forma sucesiva a los expertos, con retroalimentación controlada de la opinión. La finalidad principal de dicha técnica es suministrarle al grupo de trabajo las herramientas necesarias para asignar pesos a factores y elementos ambientales, para desarrollar indicadores de calidad ambiental.

El objetivo principal del cuestionario Delphi, es el de obtener un cierto 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 mas amplio y diversificado posible, de manera, de obtener una visión integrada del factor en estudio.

Esta metodología es ampliamente utilizada en distintos campos, como por ejemplo: político, educativo, médico, mercadeo, entre otros, pero sobre todo es ampliamente recomendado su uso en el área de evaluación de impacto ambiental para: jerarquizar, definir criterios de valor y asignar pesos sobre importancia relativa. Algunas de las aplicaciones reportadas en la literatura especializada en este campo son:

- El “Índice de Calidad del Agua”, Water Quality Index, (WQI por sus siglas en inglés), fue desarrollado en 1970 en Estados Unidos, mediante la técnica Delphi, (Canter, 1998), enviando tres cuestionarios a un panel de expertos en gestión de calidad del agua. En el primer cuestionario se les pidió que seleccionaran y jerarquizaran 35 variables. En el segundo, se les solicitó que revisaran y analizaran sus respuestas con respecto a la media del grupo, dándoseles incluso la oportunidad de que cambiaran de opinión. Finalmente en el último cuestionario se les pidió dibujar una curva con la puntuación asignada a cada variable (Relación Funcional o Curvas Funcionales).
- Mendoza Puga (2000) aplicó el método Delphi con la participación de 53 expertos para la elaboración de Funciones de Transformación para la calidad del aire, vegetación, paisaje y ruido al entorno de la Comunidad de Madrid en España, reportando resultados satisfactorios al validarla con estudios reales de impacto ambiental.
- Igualmente Mendoza Puga en su trabajo doctoral hace referencia a un trabajo de Mohorjy en 1997, donde se aplicó la técnica Delphi para abordar un problema de la gestión de aguas residuales en la ciudad de Jeddah, Arabia Saudita. En este trabajo el objetivo fue la identificación y valoración de los impactos producidos por la mala gestión de las aguas residuales en Jeddah.

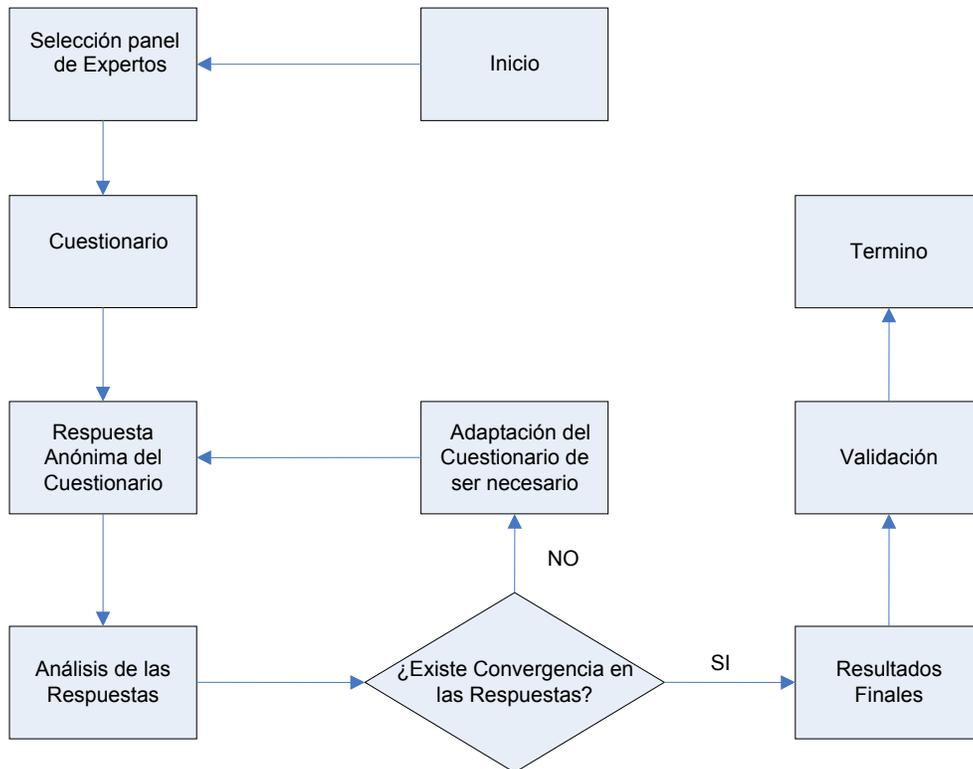
- Marín (2006) en su trabajo de maestría aplicó el método Delphi con la participación de 12 expertos para la elaboración de Funciones de Transformación para la calidad del aire, específicamente relacionado con las partículas totales suspendidas (PTS), enfocado a las condiciones y legislación existentes en Venezuela. En tal sentido Marín envía dos (2) cuestionarios al panel de expertos en calidad del aire. En el primer cuestionario se les pidió que jerarquizaran las variables propuestas y le asignaran valores a cada una de ellas en los rangos de PTS establecidos previamente por el autor. En el segundo, se les solicitó que revisaran y analizaran sus respuestas con respecto a la media del grupo, dándoseles incluso la oportunidad de que cambiaran de opinión. Obteniendo en éste último cuestionario resultados satisfactorios para la realización de la curva de transformación de PTS para las condiciones imperantes en Venezuela
  
- Procedimiento para aplicar la técnica Delphi

A continuación se presenta un procedimiento general de la aplicación de la técnica Delphi (Gómez Orea, 1999):

1. Selección del panel de expertos.
2. Elaboración del cuestionario,
3. Aplicación del cuestionario de forma individual e independiente.
4. Recopilación y análisis de los resultados del cuestionario.
5. Repetir el paso tres y cuatro, hasta alcanzar el consenso esperado.
6. Elaboración del informe de los resultados finales y su validación.

A manera de ilustrar el procedimiento se ha elaborado un flujograma que se presenta en la Figura 3.4, cabe destacar que esta técnica posee dos momentos importantes, el primero: la recopilación y análisis de los resultados anónimos del

primer cuestionario, ya que las opiniones emitidas por los expertos pueden producir cambios sustanciales en el contenido del mismo (por lo general solo ocurre en la primera ronda), y en la segunda ronda se suele llegar al consenso de la gran parte de los expertos participantes, si el consenso obtenido no es del todo satisfactorio se recomienda efectuar una tercera ronda..



**Figura 3.4.-** Flujograma de aplicación del Método Delphi.

Fuente: Elaboración Propia

### 3.5- Indicadores de impacto

La magnitud de las alteraciones sobre cada factor puede venir expresada de diferentes maneras según la naturaleza de cada uno de ellos y la unidad de medida en la que se pretenda expresar. Así, se denomina indicador a la expresión a través de la cual se mide, de forma cuantitativa el impacto. La magnitud del

indicador en las condiciones “con” y “sin” proyecto establece la diferencia “cuantificable” del impacto de la obra. El indicador es pues un mecanismo que se adopta para cuantificar un impacto.

Los indicadores de impacto vienen expresados en unidades heterogéneas, por tanto, requieren ser transformados a unidades homogéneas, adimensionales, para hacerlos comparables, condición necesaria para jerarquizar los impactos y para totalizar la alteración que introducirían al proyecto. De allí la necesidad de contar con las funciones de transformación.

### **3.6- Funciones de Transformación**

Según Gómez Orea (1999) *“La elaboración de las relaciones de transformación es uno de los más difíciles e interesantes desafíos de la metodología; han de ser fruto del rigor científico pero deben reflejar también el sentir de la población y la escala de valores sociales. En principio, la función debe reflejar una especie de concertación entre la racionalidad técnica y la percepción social”*.

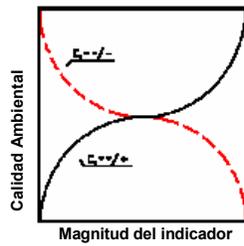
Las funciones de transformación tratan de relaciones entre la magnitud de cada indicador, medida en sus propias unidades, y su calidad ambiental expresada ya en unidades comparables. Dicha relación se puede expresar sobre un sistema de coordenadas en cuyo eje de abscisa se dispone la magnitud del indicador ambiental y en el eje de ordenadas el valor ambiental estandarizado entre 0 y 1. La relación puede venir expresada por una línea segmentada de tramos rectos que unen los puntos de valor conocido o ajustarse a una curva, como se puede observar en las Figuras 3.5 y 3.6, se muestran algunas de las diferentes formas básicas, en las cuales puede ser construida de manera gráfica una función de transformación.

La realización de estas funciones es una de las fases más complejas y requiere un desarrollo, en la investigación de efectos, muy importante, que acabaría en la definición de una función distinta para cada indicador de impactos que nos permitiera obtener el índice de la calidad ambiental de un factor en función de la magnitud del impacto recibido.

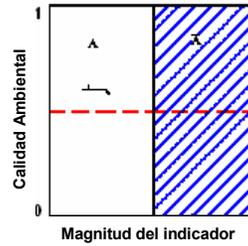
Para obtener las funciones de transformación puede procederse de la siguiente manera (Gómez Orea, 1999):

1. Partir de la máxima información que relacione el factor considerado con la calidad medioambiental, tanto científica, como de la normativa legal y de las preferencias sociales en la materia.
2. En el eje de 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.
3. En el eje de ordenadas, situar  $CA = 0$  en el origen y  $CA = 1$  en el extremo superior de la gráfica, dividiendo el segmento en “N” partes iguales.
4. Mediante consultas a paneles de expertos y métodos de convergencia tipo Delphi, dibujar la función, expresando la relación entre los intervalos anteriores y la magnitud del efecto sobre el factor.
5. Realizar otra vez el proceso con otro grupo de expertos distinto, en el caso de desear una mayor fiabilidad de la función.

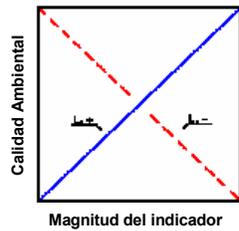
Aplicando, por fin, las funciones de transformación a cada uno de los factores ambientales alterados se obtiene, por diferencia entre la situación “sin” y “con” proyecto, el valor del impacto ambiental sobre cada uno de ellos, pero ahora expresado en unidades homogéneas (adimensionales), por tanto comparables.



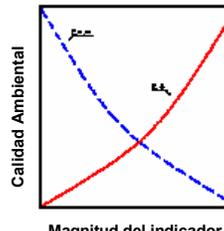
El CA se magnifica en los extremos y se ralentiza en los valores intermedios del factor



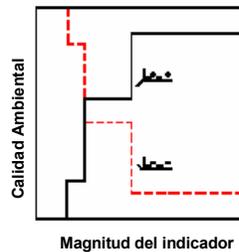
La CA aceptable o no aceptable a partir de un umbral de M, o bien sea la CA es independiente de M



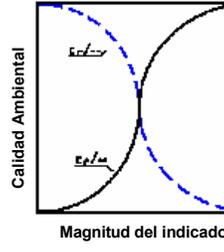
La CA es proporcional a la magnitud del factor



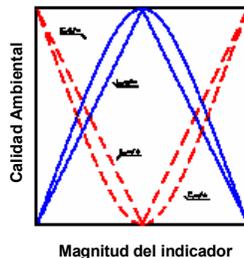
La CA crece lentamente cuando M es escasa y rápidamente cuando M es grande (y la inversa)



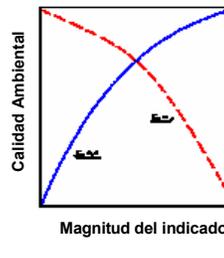
La CA varía de manera discontinua al aumentar la magnitud del factor



La CA se magnifica para valores intermedios del factor y se ralentiza en los extremos



Los valores de CA se dan para valores intermedios de M, pudiendo ser CA proporcional o no a M



La CA crece rápidamente cuando M es escasa y lentamente cuando M es grande (y la inversa)

CA: Calidad Ambiental  
 M: Magnitud del Indicador

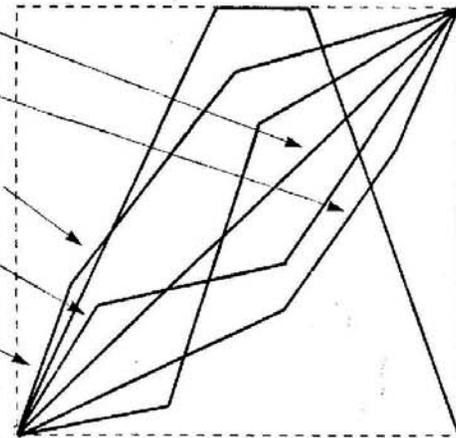
**Figura 3.5.- Formas básicas de algunas Funciones de Transformación**

Fuente: Conesa (1993) Guia Metodológica de Impacto Ambiental

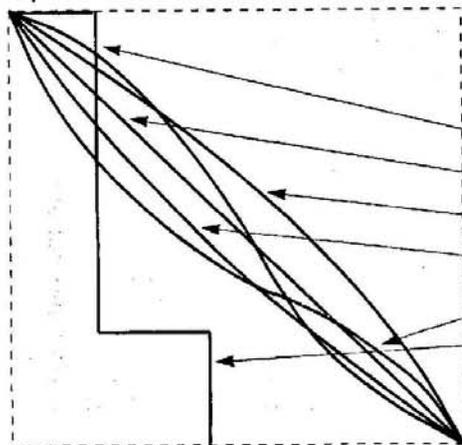
a) FORMAS DIRECTAS



- La calidad ambiental es proporcional a la magnitud del factor ambiental. Ej. Vegetación natural.
- La calidad ambiental crece menos que proporcionalmente a la magnitud del factor cuando ésta es escasa y más que proporcionalmente cuando está próxima a su límite superior. Ej. Complejidad de la vegetación.
- La calidad ambiental se magnifica cuando el factor está escasamente representado y crece menos que proporcionalmente cuando abunda. Ej. Suelo agrícola productivo. Olores.
- La calidad ambiental se magnifica en los extremos y se ralentiza en los valores intermedios del factor. Ej. Rareza de los elementos singulares del paisaje.
- Inversamente a la anterior se da mucha importancia a las variaciones en la parte central de la variación del factor. Ej. Oxígeno disuelto en el agua.
- Función con un máximo de calidad en un punto intermedio. Ej. Temperatura o pH del agua, donde el máximo corresponde a los de equilibrio natural, la relación empleo/población activa o la carga ganadero óptima.
- Función para los parámetros que sólo pueden variar entre aceptable-no aceptable. Ej. Sustancias tóxicas.



b) FORMAS INVERSAS



- Ej. Coliformes fecales. Oxidos de nitrógeno.
- Ej. Especies dañinas.
- Ej. Pérdida de agua en las cuencas. Erosión del suelo.
- Ej. Efectos estéticos de la variación del nivel de agua en embalses.
- Ej. Turbidez del agua.
- Ej. Indicador cuya calidad se asocia a valores discretos: erosión.

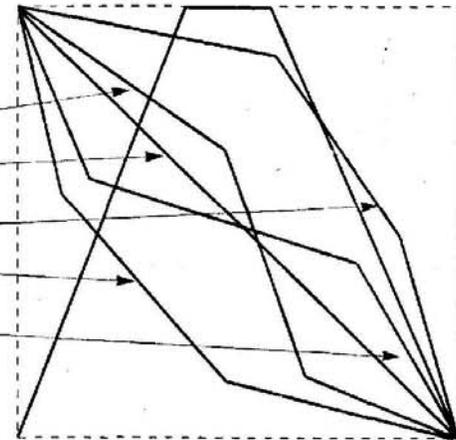


Figura 3.6.- Formas básicas de algunas Funciones de Transformación

Fuente: Gómez Orea (1999) Evaluación del Impacto Ambiental

3.6.1- Antecedentes Curvas de Transformación.

- D. Gómez Orea (1999), indica, en su libro “Evaluación del impacto ambiental”, que existen siete formas básicas de funciones de transformación (mostradas en la Figura 3.6 antecedente), que bien podrían agruparse en dos: curvas directas, donde la Calidad Ambiental crece cuando lo hace la magnitud del parámetro evaluado o inversas donde la Calidad Ambiental disminuye en la medida que crece la magnitud del parámetro.

Para el caso que nos ocupa, D. Gómez Orea, propone que las unidades cuantificables para la erosión de suelo sean Toneladas métricas/Ha/año. Igualmente establece, tomando información del mapa de estados erosivos emitido por el Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza (ICONA)<sup>4</sup>, diversos niveles de pérdida de suelo que se observan en la Tabla siguiente.

**Tabla 3.8.- Clasificación de los niveles de pérdida de suelo según el ICONA, España.**

Nivel	Pérdida en t/ha/año
1	0 - 5
2	5 – 12
3	12 – 25
4	25 – 50
5	50 – 100
6	100 – 200
7	> 200

<sup>4</sup> ICONA: Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. España.

Adicionalmente, indica una guía de valores tolerables de pérdida de suelo a las distintas profundidades de las raíces. La tabla 3.9 muestra estas tolerancias de erosión. De igual forma, sugiere que los niveles de erosión tolerables en suelos agrícolas, son los siguientes:

- 4-6 Tm/ha/año en suelos arenosos poco profundos
- 6-8 Tm/ha/año en suelos arenosos y arcillosos
- 12,5 Tm/ha/año en suelos arcillosos profundos y fértiles

**Tabla 3.9.- Tolerancia de pérdidas de suelo  
según profundidad de las raíces**

Profundidad de raíces	Tolerancia de pérdida de suelo (ton/ha/año)	
	a	b
0-25	2,20	2,20
25-50	4,50	2,20
50-100	6,70	4,50
100-150	9,00	6,70
>150	11,20	11,20

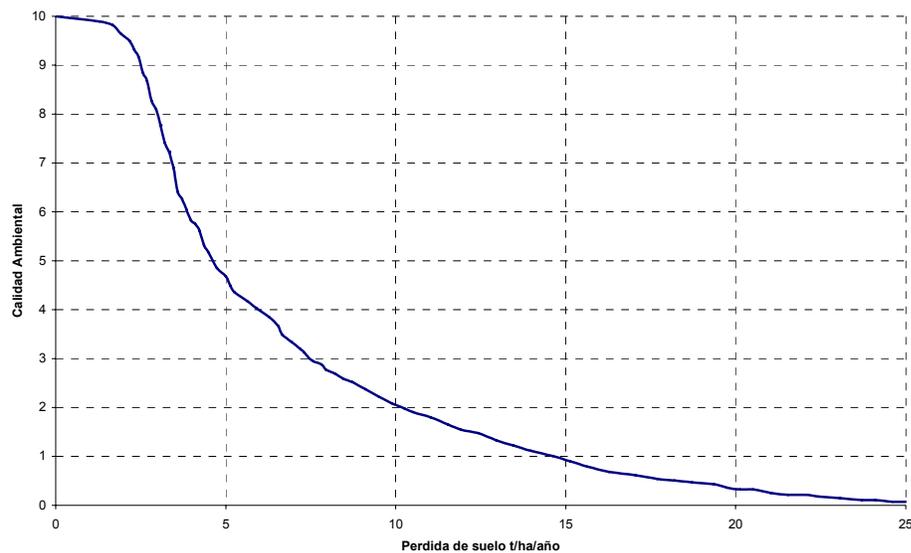
Fuente: Gómez Orea (1999) Evaluación del Impacto Ambiental

Donde:

- a= Suelos con sustrato favorable que pueden ser renovados por labores, fertilizantes, materia orgánica y otras prácticas de cultivo
- b= Suelos con sustrato desfavorable cuya renovación artificial no es económica

Los criterios utilizados para sopesar esta información no están claramente identificados en el trabajo presentado ni en la curva resultado, tampoco se indica la manera en la cual se obtiene la pérdida de suelo.

La curva presenta un valor máximo al inicio, es decir, con pérdidas de suelo menores o casi nulas, para ir descendiendo rápidamente hasta los valores de baja calidad ambiental con pérdidas de suelo relativamente bajas, según su propia ponderación de niveles. En la Figura 3.7 se muestra la curva propuesta por Gómez Orea para la erosión del suelo.



**Figura 3.7.- Curva de transformación Erosión de Suelo.**

**Propuesta por Gómez Orea (1999)**

- V. Conesa (2003), expone en su Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental que: “La función de transformación expresa pues, la relación, para cada factor ambiental, entre su magnitud en unidades inconmensurables y la calidad ambiental que convencionalmente hacemos variar entre 0 y 1”. En dicha guía se contemplan nueve formas básicas de funciones de transformación (Figura 3.5) cada una de las

cuales, a su vez puede adoptar la forma directa o inversa, según aumente o disminuya, respectivamente, la calidad ambiental cuando crece la magnitud del factor.

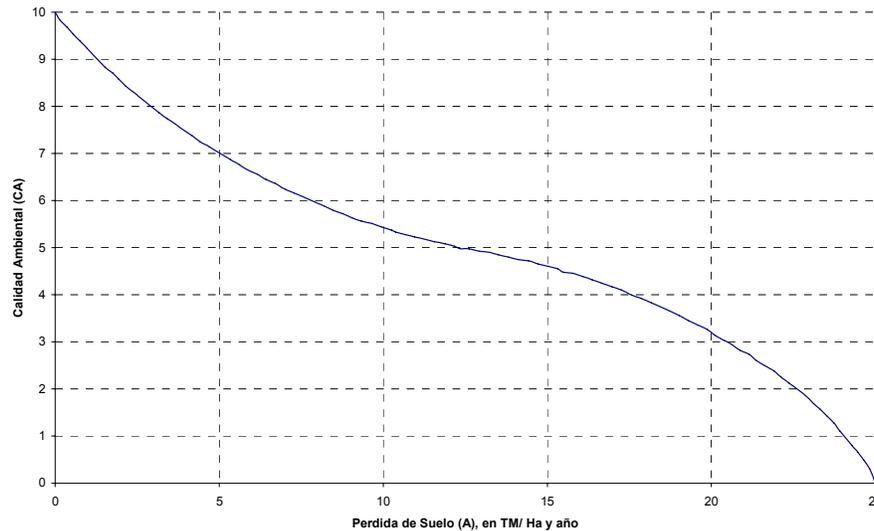
En lo referente a la curva de transformación propuesta por Conesa (2003) para la erosión del suelo debido a la acción del agua (ver Figura 3.8), se adopta, al igual que D. Gómez Orea, como unidad de medida de la pérdida del suelo las Toneladas métricas/Ha/año y para cuantificar ésta utiliza la ecuación de pérdida universal del suelo (USLE), aunque no se presenta el criterio específico para realizar la vinculación entre la magnitud de la pérdida de suelo y la calidad ambiental existente.

Una simple observación de esta curva nos muestra un valor máximo en pérdida de suelo nula descendiendo lentamente a medida que aumenta dicha pérdida, hasta donde se nota un cambio de concavidad en la misma. De igual forma, Conesa (2002) presenta otras curvas relacionadas con la erosión del suelo pero utilizando otros indicadores de impacto, estas curvas fueron propuestas por el instituto Batelle-Columbus, y se muestran en la Figura 3.9.

La utilización de la ecuación de pérdida universal de los suelos (USLE), adoptada para cuantificar las pérdidas por erosión hídrica, confiere a esta curva las limitaciones que se desprenden propiamente de la ecuación en sí y que se pueden resumir en que su rango de aplicación está circunscrito a:

- Áreas en las que se efectúan operaciones de preparación para la construcción u otras actividades en las que se supone el suelo queda desnudo.

- Terrenos agrícolas en los que el suelo queda desprotegido (en barbecho continuo) durante ciertas épocas del año y ligeramente protegido en otras.



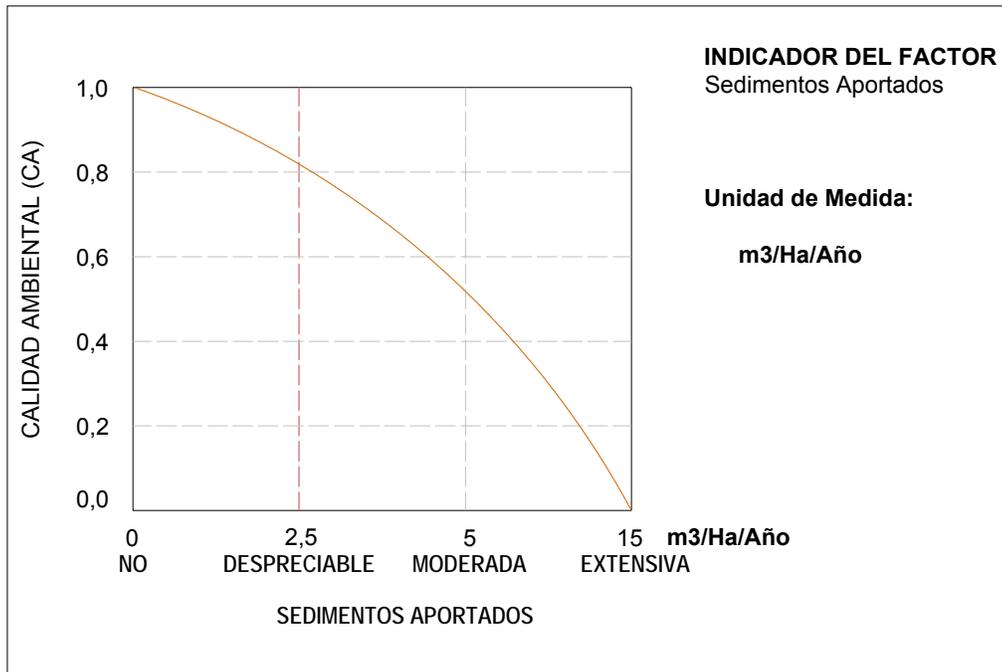
**Figura 3.8.- Curva de transformación Erosión de Suelo.**

**Propuesta por Conesa (2003)**

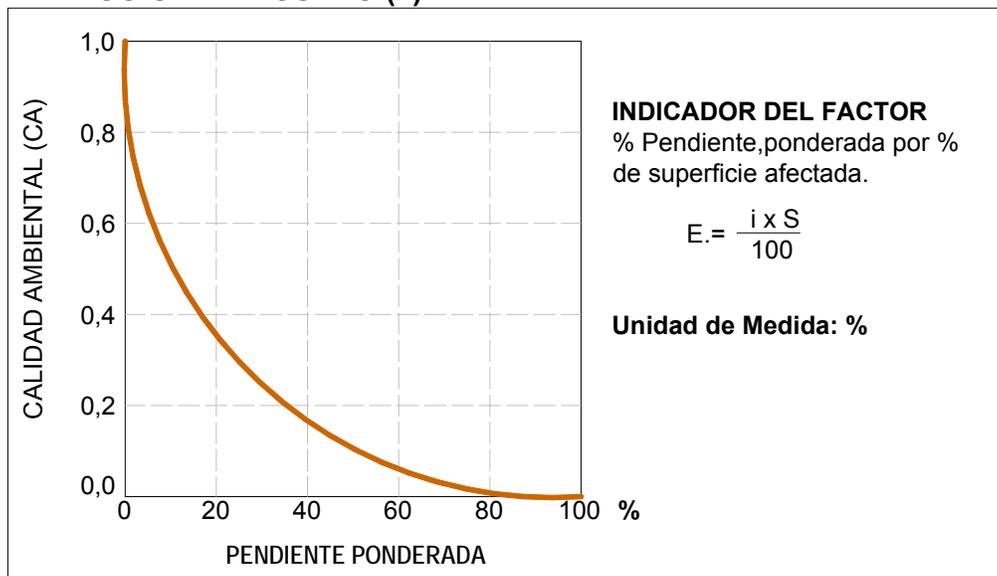
- A. Garmendia, A. Salvador, C. Crespo, L. Garmendia (2005), en su libro titulado “Evaluación de impacto ambiental”, exponen la existencia de nueve formas básicas de funciones de transformación, colocando, a diferencia de los otros autores, en el eje de las ordenadas la magnitud del impacto en unidades homogéneas en lugar de calidad ambiental y en el de las abscisas, la magnitud en unidades heterogéneas medida mediante el indicador o el índice. Además de asignar el valor de 1 al mayor valor posible de impacto (situación más desfavorable) y 0 a la situación de ningún impacto sobre el medio (situación más favorable), ésta diferencia la hace debido a que se considera que es mas sencillo de entender los valores utilizando éste criterio.

Las funciones de transformación propuestas por el grupo de autores corresponden a las propuestas por el Instituto Batelle-Columbus, las cuales se muestran en la Figura 3.9 (tomadas de Conesa, 2003).

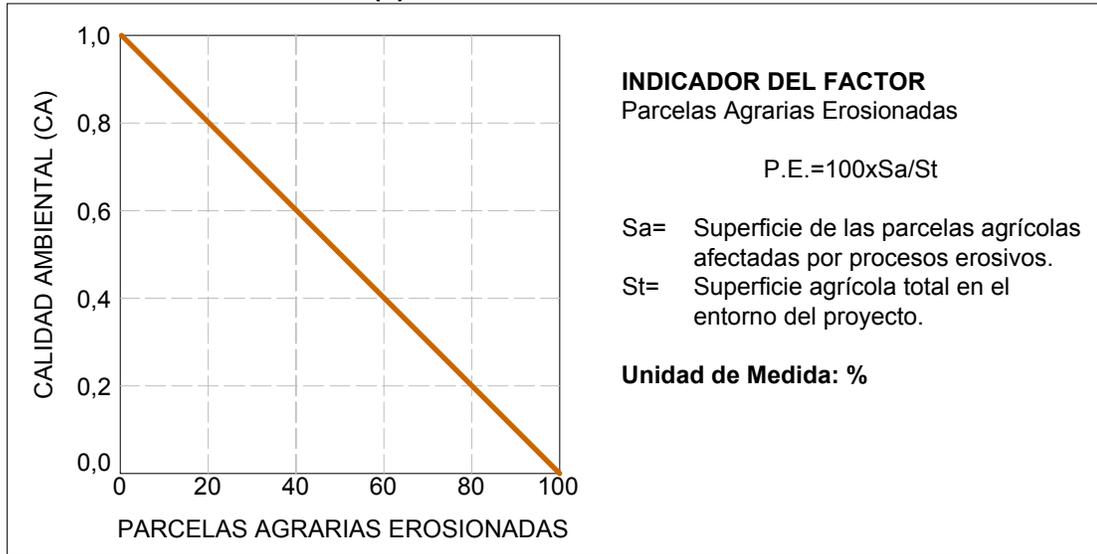
### 1. EROSION DEL SUELO



### 2. EROSION DEL SUELO (2)



### 3. EROSION DEL SUELO (3)



**Figura 3.9.- Curvas de Transformación Erosión del Suelo.**

Fuente: V. Conesa (2003)

## CAPITULO 4

### MARCO METODOLÓGICO

En las Evaluaciones de Impacto Ambiental existen numerosos componentes a ser tomados en cuenta, cada uno de ellos representa un porcentaje de importancia de la valoración total y es por ello, que existen diferentes métodos para lograr el consenso sobre el aporte de cada uno de estos factores.

Por lo general los valores asignados a cada uno de los factores suelen estar influenciados por la parte subjetiva del evaluador, con la finalidad de evitar la falta de objetividad, en algunos casos, se obtienen dichos valores a través de un consenso logrado por un grupo de especialistas en el área.

Entre las diferentes metodologías empleadas se pueden mencionar: Jerarquización tipo árbol (aplicada por el Instituto Batelle), el Método de Comparación de Pares, etc. En todas ellas se puede utilizar la técnica Delphi, la cual consiste, como se explicó anteriormente, en la consulta de expertos en el área con la finalidad de asignar pesos a cada uno de los factores involucrados y obtener así el porcentaje de influencia de cada impacto en la calidad global de manera consensuada.

En el presente capítulo se define la metodología adoptada para lograr la valoración de los factores y, para su correcta aplicación, se precisan en primer término las variables que se consideran en el trabajo, cómo se determina la muestra para, finalmente, obtener los resultados requeridos para elaborar la función de transformación objeto del presente trabajo.

En este capítulo se definen: las variables consideradas en el trabajo, el diseño de la muestra y la metodología utilizada, para así, obtener los resultados

que posteriormente serán de utilidad para la elaboración de la función de transformación que se pretende generar.

#### **4.1- Variables del problema**

Las variables de un problema son el conjunto de parámetros que intervienen en la definición de un evento que se está evaluando. En nuestro caso, la función de transformación para evaluar impactos ambientales específicos cuenta con una serie de variables principales o que están directamente involucradas con el problema y otras secundarias que son usualmente consecuencia de las variables principales.

Para la adecuada resolución del problema es necesario, entonces, identificar aquellas que intervendrán en la correcta definición de la función de transformación, las cuales se indican a continuación:

##### **4.1.1- Variables principales del problema**

Las variables principales consideradas para el problema son las que impactan directamente en el mismo y, se refieren básicamente a los parámetros que permiten lograr el objetivo; así se pueden mencionar las siguientes:

- Valoración de los Impactos Ambientales
- Función de transformación
- Erosión de suelo

#### 4.1.2- Variable secundaria del problema

Por su parte la totalidad de las variables principales tienen un lugar común en la Calidad Ambiental y ésta es la variable considerada como secundaria en el problema.

### 4.2- Definición de las variables

#### 4.2.1- Variables principales

- Valoración de los Impactos Ambientales: mide la gravedad del impacto cuando es negativo y el grado de bondad cuando es positivo; en uno y otro caso, el valor se refiere a la cantidad, calidad, grado y forma con que un factor ambiental es alterado y al significado ambiental de dicha alteración.

La valoración se puede concretar en términos de magnitud y de incidencia de la alteración; la magnitud representa la calidad y cantidad del factor modificado, la importancia o contribución de éste a la calidad de vida en el ámbito de referencia, el grado de incidencia o severidad de la afección y características del efecto se expresa por una serie de atributos que lo describen.

Existen al menos tres tipos de valoración, los cuales se mencionan a continuación:

- Simple enjuiciamiento
  - Valoración cualitativa
  - Valoración cuantitativa
- 
- Función de transformación: se trata de relaciones entre la magnitud de cada indicador, medida en las unidades propias de cada uno de ellos, y su calidad ambiental expresada ya en unidades comparables. Dicha relación se puede

representar sobre un sistema de coordenadas en cuyo eje de abscisas se dispone la magnitud del indicador ambiental y en el de ordenadas el valor ambiental estandarizado entre 0 y 1. La función puede venir expresada por una línea quebrada de tramos rectos que unen los puntos de valor conocido o ajustarse a una curva.

- Erosión de Suelo: es el fenómeno por el cual se pierde suelo en una zona, debido a la acción del agua o del viento, y se deposita en otra. Se trata de un fenómeno natural, asociado a las condiciones climáticas, y que se ha visto acelerado por la acción humana, fundamentalmente por la agricultura y por las actuaciones forestales incorrectas. En Venezuela, el abandono de cultivos, la deforestación y las prácticas agrícolas inadecuadas, se podrían considerar las actividades que generan un mayor impacto sobre el recurso suelo.

#### 4.2.2- Variable secundaria

- Calidad ambiental: generalmente en la literatura especializada cuando se habla de Calidad Ambiental se hace referencia, fundamentalmente, a la calidad del medio físico o natural (contaminación del aire, agua, desechos, etc.) y aunque esto tiene una repercusión indudable en la sociedad en tanto que el hombre resulta perjudicado o beneficiado con cualquier impacto sobre el Medio Ambiente, lo cierto es que en el análisis de la Calidad Ambiental muchas veces se obvia al medio socio - económico.

Sin embargo, la Calidad Ambiental está en estrecha relación con la calidad de vida y, por tanto, debe contemplar ambos medios. O sea, en su acepción más general podemos entender por Calidad Ambiental el estado del ambiente como se percibe objetiva o subjetivamente en términos de las medidas de los componentes de ambos medios. En este sentido un proyecto incide en la Calidad Ambiental tanto por la vía del medio físico como del socio - económico.

### **4.3- Factores ambientales considerados**

En vista de la cantidad de factores que se relacionan con la erosión hídrica de los suelos, se proponen y analizan aquellos cuya relación sea importante. Dicha selección debería ser realizada por los expertos en el área, con la finalidad de obtener un número razonable de factores que eviten la redundancia entre ellos.

Para facilitar la selección de los factores a considerar, es conveniente realizar una lista previa, producto de entrevistas sostenidas con especialistas en el área y los conocimientos adquiridos en el marco teórico, permitiendo así la realización del primer cuestionario y el inicio del método de consulta Delphi; una vez obtenida las observaciones hechas a las preguntas del primer cuestionario, se puede establecer las preguntas definitivas.

En este trabajo se consideraron los siguientes factores: el clima, afectación de las actividades productivas, los cuerpos de agua, la fauna, el paisaje y la vegetación, factores seleccionados con base en lo expuesto en el aparte 2.6 del presente trabajo.

Cabe destacar que la curva de transformación propuesta es a nivel nacional, generándose así la metodología a seguir para regionalizar dicha curva la cual quedará como motivo para otros trabajos.

### **4.4- Diseño de la muestra**

La información necesaria para la construcción de las curvas de transformación de los distintos parámetros a considerar y su ajuste a las condiciones específicas de Venezuela, es producto de los datos suministrados por los especialistas en el área que, al responder los cuestionarios enviados asignándoles valores a los rangos propuestos para cada factor, suministran los

insumos necesarios para posteriormente, procesar dicha información y proceder a la construcción de la curva respectiva.

Por tal motivo, la selección de los especialistas a ser utilizada en este trabajo de investigación incluye profesionales con amplia experiencia en la realización de Estudios de Impacto Ambiental, dedicados al área ambiental ó especialistas en suelos y erosión.

Debido a que el tema de esta investigación se centra en un área determinada como es la erosión de suelo, se reduce el universo de profesionales antes mencionados, a los especializados en esta área y que estén relacionados con la realización de Estudios de Impacto ambiental. Se tomó como punto de partida la lista de expertos que se muestra en el Cuadro 1.

En relación con la consulta a los expertos, la construcción de las curvas de transformación sigue una metodología específica, la cual se menciona a continuación:

1. Pedir a cada uno de los expertos que construya su propia gráfica teniendo en cuenta su experiencia y su propio criterio.
2. Construir la curva que mejor se ajuste a las elaboradas por los expertos.

Una vez establecida la metodología a seguir se puede observar que se está en presencia de un muestreo no probabilístico, en donde se parte de un primer grupo de expertos seleccionados los cuales a su vez podrían recomendar a otros con el fin de ampliar la muestra inicial hasta que se considere suficiente la información obtenida, por tal motivo se puede decir que el tipo de muestreo que mejor se ajusta a la investigación a ser realizada es el denominado “Bola de Nieve”

En el caso que se tuviese definido el número de expertos a ser consultados se podría decir que el tipo de muestreo sería estratégico.

Por el tipo de muestreo a ser utilizado, se tiene como inconvenientes que los resultados obtenidos corresponderán al análisis de los datos suministrados, es decir, dichas curvas sólo aplicarán para aquellos casos que cumplan con los datos manejados por investigador.

**Cuadro 1. Lista de expertos participantes en el estudio.**

Nombre	Especialidad / Cargo
Ing. Andrés González	Ing. Agrónomo. Consultor ambiental, especialista en suelos. Independiente
Ing. Ahmed Irazábal	Ing. Civil, con amplia experiencia en procesos erosivos producidos por el agua. Profesor Postgrado UCAB
Ing. Eduardo Buroz	Ing. Agrónomo. Consultor ambiental, especialista en temas ambientales. CAURA
Ing. Evaristo Martínez	Ing. Agrónomo. Consultor ambiental, especialista en suelos. CAURA
Ing. Fabiola Andrade	Ing. Civil. Ing. Jefe III del Departamento de Geotecnia. MINFRA
Ing. Fernando Delgado	Ing. Agrónomo, especialista en suelos y conservación. CIDIAT
Ing. Hervé Jegat	Ing. Agrónomo, especialista en suelos y conservación. CIDIAT
Ing. Joaquín Benítez	Ing. Agrónomo. Consultor ambiental, especialista en impacto ambiental. UCAB / CAURA.
Ing. José Divassón	Ing. Civil, con amplia experiencia en procesos erosivos producidos por el agua. D.Y.P Ingeniería y Ambiente, CA.
Ing. José Ochoa	Ing. Civil. Director de Escuela de Ing. Civil UCAB
Ing. Juan Carlos Martinez	Ing. Civil. Consultor ambiental independiente. Profesor postgrado UCAB
Ing. Oscar Rodríguez	Ing. Agrónomo. Especialista conservación de suelos. Facultad de Agronomía - UCV
Ing. Oscar Silva	Conservación de Suelos y Aguas. Modelos Agroambientales. Facultad de Agronomía - UCV
Ing. Rafael Useche	Ing. Agrónomo. Especialista en suelos Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET)
Ing. Roberto López	Ing. Agrónomo, especialista en suelos y conservación. CIDIAT
Ing. Huascar Godoy Ron	Ing. Geológico, MSc Ingeniería Geológica y Director de RGR Ingeniería, CA.

## 4.5- Cuestionarios

Con la finalidad de obtener una información de calidad por parte de los especialistas se realizó el primer cuestionario con preguntas sencillas con la finalidad de no confundir a la persona encuestada ni interferir con su propio criterio, y así obtener la información necesaria para la elaboración de la curva de transformada.

### 4.5.1- Primer Cuestionario.

Este cuestionario tiene el propósito de explorar la primera opinión de cada uno de los especialistas, con la finalidad de validar: los factores propuestos inicialmente y los rangos asignados para el efecto de erosión de suelo, de igual manera se aprovechó para hacer un primer sondeo de la importancia de la pérdida de suelo en distintas regiones de Venezuela.

Este cuestionario consta de tres preguntas, cada una de ellas pretende un objetivo específico, los cuales se explican a continuación:

- Primera pregunta: se busca establecer la importancia que tiene cada uno de los factores ambientales inicialmente considerados con base en lo expuesto en el aparte 2.6 del presente trabajo (afectación de actividades productivas, clima, cuerpos de agua, paisaje, vegetación y fauna) perjudicados por la erosión de suelos por causa hídricas, en cuanto a su contribución a la calidad global del ambiente. Para ello se solicitó a cada especialista que asignara, a cada factor, un peso ponderado, expresado en unidades de importancia (UI), de manera tal, que la suma de todos los componentes ambientales sea igual a 100 (UI).
- Segunda Pregunta: se busca establecer la importancia que tiene el factor erosión de suelos en las distintas zonas del país inicialmente consideradas

(Región Bolívar-Amazonas, Delta del Orinoco, Cordillera de la Costa y Región Insular, Región Andina, Región de los llanos, Región Centro Occidental, Cuenca del Lago de Maracaibo). De igual forma que en la pregunta uno se le solicitó a cada especialista que asignara, a cada región, un peso ponderado, expresado en unidades de importancia (UI), de manera tal, que la suma de todos los componentes ambientales sea igual a 100 (UI).

- Tercera pregunta: se trata de ponderar el efecto que tiene la erosión ó pérdida de suelo sobre cada uno de los factores ambientales anteriormente considerados. En este caso, se pide calificar para cada indicador afectado por la erosión, la calidad ambiental en una escala del 0 al 10; cero (0) para la peor y diez (10) para la mejor condición ambiental. Para efectos de este trabajo se consideró el cálculo de pérdida de suelo en Mg/ha/año, utilizando la ecuación universal de pérdida de suelo para su obtención; en la bibliografía revisada, Conesa (2003) se utilizó esta misma unidad de medida para la realización de la curva expuesta en su trabajo.

En el Anexo A se encuentra el formato tipo del primer cuestionario.

#### 4.5.2- Segundo Cuestionario.

Una vez recibidas las respuestas del primer cuestionario, se realiza el análisis estadístico y se resumen las opiniones dadas por los especialistas, se envía el segundo cuestionario con la finalidad que cada especialista compare sus respuestas con la de los demás participantes, utilizando la información estadística adjunta y las opiniones que la complementan con el propósito de lograr el consenso de opiniones en este estudio Delphi.

Según lo indicado en la técnica Delphi se deben seguir realizando tantas vueltas como sean necesarias para lograr el consenso, para el caso de éste

trabajo sólo se realizaron dos vueltas logrando en la segunda un acuerdo razonable.

En el Anexo B se encuentra el formato tipo del segundo cuestionario.

#### **4.6- Estadística**

La mejor estrategia para expresar la información sustraída de los cuestionarios de forma tal de no menospreciar ninguna opinión suministrada por el panel de especialistas, se logra a través de un tratamiento estadístico de los datos obtenidos en cada una de las rondas realizadas.

Como se indicó en el punto anterior la finalidad de la técnica Delphi es la de lograr el mayor consenso entre los participantes, es por ello que una vez obtenido los resultados del primer cuestionario se procede a hacerle un estudio estadístico a las respuestas y opiniones, para así ver la tendencia y la desviación en cuanto al consenso deseado, una vez obtenido este estudio se inicia el proceso iterativo que indica el método Delphi, esperando que la dispersión existente entre los datos disminuya.

Para realizar el tratamiento estadísticos de los datos existen varios procedimientos, dentro de los mas comunes podemos nombrar a la media y la mediana, como medidas de tendencia central y la desviación estándar y el rango intercuartílico como medidas de dispersión.

La media ( $\bar{x}$ ): es el valor de la tendencia central que mas frecuentemente se usa para representar a la serie de datos, y tiene en estadística el mismo significado que en aritmética; siendo la media la suma de todos los valores de la variable dividida entre el número de ellos. La media es la medida de posición de

más frecuente uso y está especialmente indicada en las series cuya variable crece aritméticamente; sin embargo, tiene las siguientes limitaciones:

- Cuando los intervalos extremos de una serie de datos agrupados son abiertos no se podrá hallar la marca de clase respectiva y, en consecuencia, tampoco se podrá calcular la media.
- No se debe usar la media cuando la serie sea marcadamente asimétrica, pues unos pocos valores extremos pueden influir en ella desplazándola hacia valores poco representativo de la serie.

La mediana en cambio, es el valor que, después de ordenados los datos, supere, a lo sumo, a la mitad de ellos y sea superado, cuando más, por la mitad de los mismos. Se usa la mediana como promedio de una serie estadística cuando:

- La distribución es muy asimétrica o de extremos abiertos.
- Cuando interese un promedio cuyo carácter coincida con el dado a la mediana en la definición.

Cuando nos referimos a las medidas de dispersión podemos observar que:

La desviación media ( $D_{Me}$ ):

- Se obtiene de los valores absolutos de las desviaciones de la característica respecto a la medida de posición, de allí que pueda existir una desviación media respecto a la media aritmética y una desviación media respecto a la mediana, así que al poderse calcular en relación con la mediana, resulta útil cuando no se puede hallar el valor de la media aritmética.

- Suministra información relativa a todos los datos.
- En una distribución simétrica el 58% de los datos están comprendidos en el intervalo  $\bar{x} \pm D_{Me}(\sigma)$ .

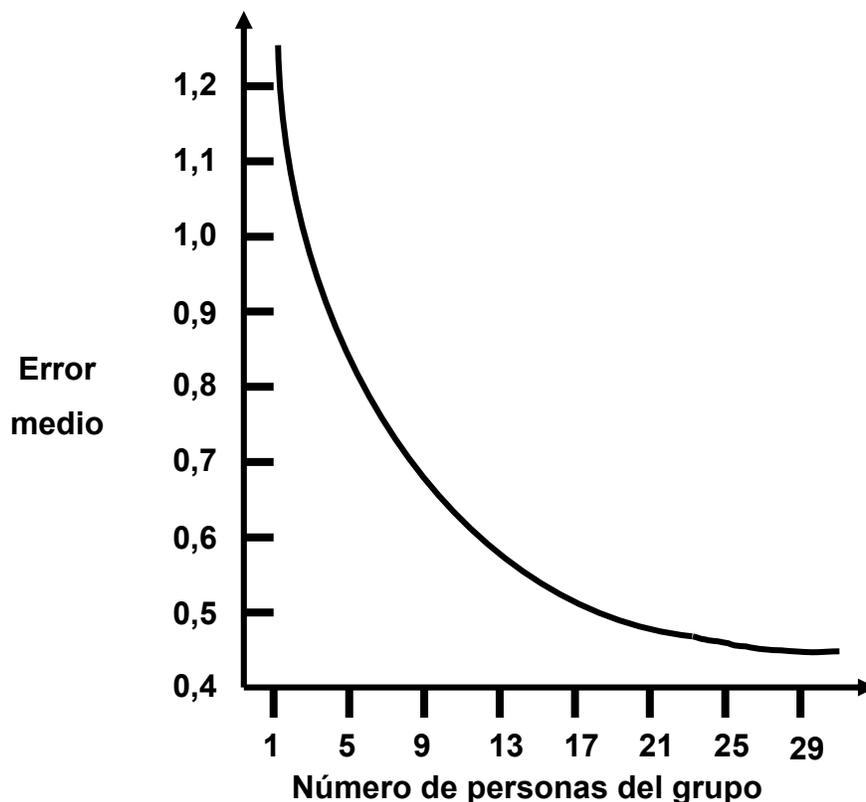
#### Rango intercuartílico:

- Se obtiene de la diferencia de los cuartiles extremos ( $Q_3 - Q_1$ ). Esta medida refleja únicamente la dispersión de la parte central de la distribución.
- Su empleo está justificado si la distribución es asimétrica o cuando no se requiera información sobre los primeros y últimos valores de la serie.
- Cuando la distribución es simétrica, por ser  $Me - Q_1 = Q_3 - Me$ . El 50% central de los casos está comprendido en el intervalo  $Me \pm Q$ , que se llama intervalo de error probable.
- Entre  $Q_1$  y  $Q_3$  queda incluido el 50% central de los datos y por lo tanto, cuanto menor sea la diferencia  $Q_3 - Q_1$  menor será la dispersión de los datos centrales de la serie.
- El rango intercuartílico está asociado directamente con la mediana.

Una vez calculados los valores de cada una de las medidas de tendencia central y sus respectivas medidas de dispersión y analizadas algunas experiencias reportadas sobre el tratamiento estadístico para describir el consenso de los datos con la técnica Delphi es la mediana y el rango intercuartílico (Dalkey 1969). Lo que evita las posibles desviaciones del resultado producto de valores extremos.

Cabe destacar, que el objetivo principal de éste trabajo no es alcanzar el consenso pleno de los especialistas participantes, sino obtener la menor dispersión posible de los resultados, comprobando así la eficacia de la técnica aplicada.

También hay que tener en cuenta en este tipo de análisis el número de participantes del panel. Dalkey (1969) hace un análisis del número óptimo de especialistas necesarios para aplicar la técnica Delphi, demostrando así en su trabajo que el error medio del grupo disminuye exponencialmente hasta un tamaño muestral de 17 individuos, a partir del cual continúa disminuyendo pero en rangos menores (Fig 4.1). Según Mendoza Puga (2000) se puede suponer como rango óptimo de participantes entre 10 y 29 individuos.



**Figura 4.1.** Efecto del tamaño del grupo en el error

En la revisión bibliográfica realizada se encontró la tesis doctoral del Ing. Mendoza Puga realizada en el año 2000 en la ciudad de Madrid – España, en la cual elabora un conjunto de Funciones de Transformada para la Evaluación de Impactos Ambientales en la construcción de carreteras en la ciudad de Madrid, basado en el trabajo publicado por Dalkey (1969) utilizó como medida de tendencia central la mediana y el rango intercuartílico como medida de dispersión para las respuestas del panel. De igual forma en un trabajo más reciente realizado por el Lic. Marín (2006) para la construcción de una curva de transformada para material particulado referida a Venezuela, utilizó el mismo criterio expuesto por los autores antes mencionados, reportando resultados satisfactorios.

Es por lo anteriormente expuesto que para fines de este trabajo se adoptará la mediana como medida de tendencia central y el rango intercuartílico como medida de dispersión, con un total de 16 participantes.

## CAPITULO 5

### RESULTADOS

En el presente capítulo se muestran los resultados obtenidos en cada uno de los cuestionarios, con su respectivo análisis estadístico y las opiniones emitidas por los especialistas, como también los datos requeridos para la construcción de la curva de transformación.

#### 5.1- Cuestionario N° 1

El primer cuestionario fue enviado inicialmente a 25 especialistas en el área, recibiendo la respuesta de 16 de ellos, de estos se pudo obtener los siguientes resultados que serán mostrados a continuación:

##### Primera Pregunta:

Distribuya 100 puntos entre los siguientes factores del medio ambiente, afectados por la erosión de los suelos producida por efectos hidráulicos, de forma tal que los puntos representen la importancia relativa, que para usted tiene cada factor, en cuanto a su contribución a la calidad global del medio ambiente.

En la tabla 5.1 se muestran las respuestas recibidas de los especialistas para cada uno de los factores considerados, en la misma se indica el cálculo de la mediana y el rango intercuartílico para cada uno de ellos.

Cabe destacar que esta pregunta fue respondida por los 16 participantes del panel.

**Tabla 5.1.- Factores (Primer Cuestionario)**

Resultados	Afectación actividades productivas	Clima	Cuerpos de agua	Paisaje	Vegetación	Fauna
	Valoración					
Mediana	30	5	30	10	15	10
Primer cuartil	25	5	25	5	10	10
Tercer cuartil	39	7.5	30	12.5	20	10
Rango Intercuartílico	14	2.5	5	7.5	10	0
• <b>CONSENSO</b> Rango intercuartílico = < 1 ♦ <b>SIN CONSENSO</b> Rango intercuartílico > 1						

Comentarios del panel de especialistas (copia textual de los mismos):

- I. Le sugiero no mezclar componentes del ambiente (suelos, vegetación, fauna, aire, agua) con actividades económicas (obras hidráulicas, agricultura, forestal, etc.). No se porque no incluyó a los suelos, propiamente dichos. Considero que la erosión afecta a los suelos tanto por pérdida como por acumulación.
- II. La escala espacial puede ser importante a nivel de cuenca, un desarrollo urbano tiene importancia; a nivel regional, posiblemente no.
- III. Los cuerpos de agua son parte de la actividad productiva y del hábitat por lo que se solapa esta categoría con las demás pero puede considerarse los sedimentos asociados a la erosión la principal causa de contaminación en muchos cuerpos de agua.
- IV. En el grupo de la primera fila, se incluyen recursos muy disímiles en cuanto a su vulnerabilidad ante la erosión, es decir, la relación entre las tasas de erosión que puedan afectarle y la tolerancia ante esta (Vulnerabilidad = Tolerancia/ Riesgo de erosión).

Sería conveniente tratar a la agricultura como un grupo independiente, debido a: a) las altas tasas de erosión que ocasiona, b) la mayor superficie que ocupa comparada otras actividades, c) las sensibilidad social, económica y política ante la pérdida de productividad agrícola.

Tratar las obras hidráulicas y cuerpos de agua juntos, pues se refieren al uso del mismo recurso, el agua.

Tratar infraestructura y vialidad en un solo grupo.

- V. Parece vago el hecho de representar la pérdida del suelo en el cambio climático, más bien es una consecuencia del efecto que produce en los otros factores.
  
- VI. Las puntuaciones son muy generales. Estos valores pueden cambiar significativamente según los casos, por ejemplo en Costa Rica conseguimos un caso en el cual la deposición de sedimentos en la playa por efecto de la concentración de sedimentos en un embalse y su posterior limpieza podía ocasionar un impacto muy severo sobre el desarrollo de tortuguillas.

Segunda Pregunta:

Distribuya 100 puntos entre las zonas del país que a continuación se mencionan, de acuerdo al orden de importancia, en cuanto a la afectación de la calidad ambiental por erosión de los suelos (producida por efectos hidráulicos).

En la tabla 5.2 se muestran las respuestas recibidas de los especialistas indicando la importancia que tiene la erosión sobre las distintas zonas del país, en la misma se indica el cálculo de la mediana y el rango intercuartílico para cada una de ellas.

**Tabla 5.2.- Efectos de la erosión de los suelos sobre distintas zonas del país<sup>5</sup> (Primer Cuestionario)**

Resultados	Región Bolívar-Amazonas	Delta del Orinoco	Cordillera de la Costa y Región Insular	Región Andina	Región de los Llanos	Región Centro Occidental	Cuenca del Lago de Maracaibo
	Valoración						
Mediana	11	5	17	26	9	18	12
1er cuartil	5	1	11	23	5	15	10
3er cuartil	16	10	22.5	30	10	24	16
Rango Intercuartílico	11	9	11.5	7.5	5	9	6
• CONSENSO (C.C) Rango intercuartílico = < 1 ♦ SIN CONSENSO (S.C) Rango intercuartílico > 1							

Comentarios del panel de especialistas (copia textual de los mismos):

- I. Esta zonificación, por ser básicamente geográfica, mezcla ambientes con diferente propensión a erosión; por ejemplo: Cuenca del Lago de

<sup>5</sup> Seleccionados con base a lo propuesto en el libro: Educación Ambiental, Serie Azul, Segunda Etapa FEDUPEL 2000

Maracaibo incluye la vertiente oeste de Los Andes y la Sierra de Perijá, ambas subregiones con alta propensión a erosión. Los Llanos incluyen a la subregión Mesa de Guanipa, de particular interés por erosión.

- II. Considero que este aspecto debería ser manejado con los Departamentos de Conservación de Suelos de las Facultades de Agronomía, entre otras, de nuestras universidades; Manejo de Cuencas del MARN, etc., a fin de darle mayor objetividad al mismo.
- III. En el Delta no hay erosión en si, hay deposición; hay erosión de esos suelos cuando ocurren grandes crecidas.
- IV. Dentro de cada una de las zonas mencionadas existen zonas no afectadas o muy afectadas ya que se está usando una escala muy gruesa.
- V. El criterio de zonas que presentas es muy amplio al referirte a efectos de la erosión. Me parece, y es una sugerencia, que restringas el efecto a un tipo de unidad geográfica que podría ser la cuenca o un conjunto de cuencas. Hay quienes toman como criterios las cuencas altas y las cuencas bajas ya que en las primeras predomina la erosión por efecto combinado del agua y la gravedad mientras que en la otra predomina el depósito aluvial que previamente fue producido en las cuencas altas.
- VI. Para la cuenca (¿o la planicie?) del Lago de Maracaibo y el Delta del Orinoco los efectos se asocian mayormente con la sedimentación. Las mayores puntuaciones asociadas con las pendientes pronunciadas y el semi-árido.
- VII. Hay zonas especialmente afectadas como Ciudad Bolívar y Puerto Ordaz, por el crecimiento urbano (modificación del sistema natural de escurrimiento de las aguas de lluvias) y la ALTA susceptibilidad del suelo

(Formación Mesa). Otras, también especiales, por la misma característica de la actividad: minería sin ningún criterio (y mucho menos, interés!) de preservación del ambiente. Todo esto en el Edo. Bolívar. Hay otras zonas, donde también aflora la Formación Mesa, al sur de Guárico y Anzoátegui, donde existen relieves antiguos de erosión intensa y procesos nuevos, relacionados con concentración de descargas de agua en obras viales. No obstante en el resto de los Llanos, no existen zonas especialmente afectadas. Un efecto similar a este, por condiciones particulares de la geología, ocurre en el Edo. Falcón, donde existen formaciones (Formación Río Seco) poco consolidadas que, ante cualquier intervención del hombre tal como trochas de tuberías y vialidad, muestran efectos exagerados de degradación del relieve, no obstante debido a la menor densidad poblacional, estos efectos no son tan relevantes como en el Edo. Bolívar. El resto de la puntuación recibió un tratamiento de acuerdo a las pendientes: es obvio que la zona de Los Andes y la Cordillera de la Costa, son áreas sujetas a deslaves (seguro que se recuerda de ellos: Río Limón-Maracay, Puerto Maya y Puerto Cruz, Montaña Alta-Los Teques, 1999 y 2005 Litoral Central), cuando se combinan intensas y prolongadas lluvias con altas pendientes, originándose flujos torrenciales con alta capacidad de arrastre. A este proceso natural de geodinámica, habría que agregarle algunos factores de perturbación por crecimientos urbanos, pero creo que tienen una relevancia subordinada en relación a los provenientes de causas naturales. Las regiones insulares tienen terrenos con escasa vegetación, por lo general xerófila, que no le brinda ninguna protección y la denudación de los terrenos es fácil, aún por las mismas gotas de lluvia y vientos.

En cuanto a la Cuenca del Lago de Maracaibo, aunque parte de su cuenca pertenece a la vertiente nor-oeste de Los Andes y, en consecuencia, con procesos similares, creo que la mayor degradación de su relieve proviene de la intervención de las cuencas particulares de sus principales ríos por

labores de deforestación, no sé si la puntuación que le asigné es muy baja, pero estimo que en relación a otras regiones esta bien jerarquizada.

Creo que el Delta del Orinoco, no esta sometido a ninguna amenaza de este tipo (al menos de lo que conozco), por el contrario sufre procesos de sedimentación en lugar de erosión.

La región centro occidental, no estoy muy seguro que comprende, pero me imagino que serán los estados Carabobo, Cojedes, Lara y Yaracuy. Algunos de estas regiones tienen zonas montañosas pertenecientes a Los Andes o la Cordillera de la Costa, procesos similares. Destacan los deslaves de la zona entre San Felipe y Cocorote, de la vertiente Este de la Serranía de Aroa (estribación final de Los Andes). En el caso de Lara, la región Barquisimeto-Quibor-Carora-Siquisique, tienen semejanza con la Región Insular.

- VIII. Existe información documental donde se califica la severidad de la erosión por regiones en el país. Se puede consultar en las publicaciones del Plan Nacional de Aprovechamientos de Recursos Hidráulicos de 1972, en las publicaciones de Sistemas Ambientales Venezolanos de 1985 y en numerosas publicaciones del Ministerio del Ambiente y de la Universidad de los Andes y la Centro Occidental Lisandro Alvarado.

Tercera pregunta:

Calificar la afectación de los suelos por el factor erosión utilizando la escala numérica del 0 al 10 en cada una de las siguientes situaciones, **a menor afectación mayor calificación.**

En el Anexo C se presenta detalladamente los resultados arrojados por cada especialista y el tratamiento estadístico de los datos. En la tabla 5.3 se muestra el resumen de los resultados obtenidos del cálculo de la mediana y el rango intercuartílico de calidad ambiental para cada uno de los factores y la pérdida del suelo, participando los 16 especialistas iniciales.

**Tabla 5.3.- Resumen de resultados por factor (Primer Cuestionario)**

Factor	Resultados	Pérdida de suelo (Mg/ha/año)					
		0-5	5-10	10-50	50-100	100-200	>200
Afectación de actividades productivas	Mediana	10	8	6	4	2	1
	Rango Intercuartílico	1	0.75	1.25	2.5	3	3
Clima	Mediana	8	9	6	4	3	2
	Rango Intercuartílico	8	9.5	9	6.5	5.5	4
Cuerpos de Agua	Mediana	9.5	8	7	5	2.5	1
	Rango Intercuartílico	3.5	3.5	1.5	1	2.0	2.3
Paisaje	Mediana	10	7.5	6	5	2	1
	Rango Intercuartílico	5	4.75	3.5	5	2.5	2.5
Vegetación	Mediana	8	8	6	4	2.5	1
	Rango Intercuartílico	7.75	3	3.5	1.5	1.75	2
Fauna	Mediana	8	8.5	7	6	4	4
	Rango Intercuartílico	6	7.25	6.5	6	4	5
<ul style="list-style-type: none"> <li>• CONSENSO Rango intercuartílico = &lt; 1</li> <li>♦ SIN CONSENSO Rango intercuartílico &gt; 1</li> </ul>							

Tomando como criterio aceptable, valores del rango intercuartílico  $\leq 1$ , (Mendoza Puga, 2000), se observa que los factores: afectación de actividades productivas y cuerpos de agua tuvieron un mayor consenso en la mayoría de los rangos de pérdida, en comparación con el restante de los factores.

Comentarios de los especialistas (copia textual de los mismos) :

- I. Es posible establecer una relación de dependencia entre un nivel de pérdida de suelos y la afectación de los factores ambientales, sin embargo no veo de manera clara como establecer una relación entre los factores ambientales y el incremento en la pérdida de suelos
- II. X = Considero que este rango de pérdida de suelo es un limite inferior al que puede producir afectación a la situación.
- III. El agua se verá afectada a menores tasas de erosión debido a que en los reservorios se concentran los materiales arrastrados de las áreas de captación por lo que el impacto depende de la superficie total erosionada multiplicada por la tasa de erosión.
- IV. En actividad productiva, considerar lo expuesto en la pregunta 1, es decir, que se incluyen en un solo grupo con muy distintas vulnerabilidades.
- V. Es conveniente presentar la fuente de la escala referente a pérdida de suelo debido a que hay rangos de pérdida de suelo producto de erosión hídrica laminar pero cuando la erosión además de laminar se incluye la producida en surcos, en cárcavas o aquella que es por movimientos en masas, la escala podría variar.
- VI. Al calificar la afectación de la productividad debemos recordar que esta será variable de acuerdo a la tolerancia del suelo a la erosión. Así, algunos suelos alcanzarán un “valor 0” a tasas de pérdida inferiores a 200 Mg/ha/año, y otros podrán mantener parte de su productividad, aun a esas tasas de pérdida tan altas.

## 5.2- Cuestionario N° 2

Una vez recibidas las respuestas del primer cuestionario, realizado el análisis estadístico (Anexo C) y el resumen de las opiniones suministradas por los especialistas, se envió este segundo cuestionario con la finalidad de que cada especialista compare sus respuestas con la de los demás participantes, utilizando la información estadística la cual se adjuntó y las opiniones que la complementan con el propósito de lograr el consenso de opiniones en este estudio Delphi, obteniendo así los siguientes resultados:

### Primera Pregunta:

Distribuya 100 puntos entre los siguientes factores del medio ambiente, afectados por la erosión de los suelos producida por efectos hidráulicos, de forma tal que los puntos representen la importancia relativa, que para ustedes tiene cada factor, en cuanto a su contribución a la calidad global del medio ambiente.

En la tabla 5.4 se muestran las respuestas recibidas de los especialistas para cada uno de los factores considerados, en la misma se indica el cálculo de la mediana y el rango intercuartílico para cada uno de ellos.

**Tabla 5.4.- Factores (Segundo Cuestionario)**

Resultados	Afectación actividades productivas	Clima	Cuerpos de agua	Paisaje	Vegetación	Fauna
	Valoración					
Mediana	30	5	30	10	15	10
Primer cuartil	28.75	5	30	9	10	8.8
Tercer cuartil	38	6.3	30	10	19.3	10
Rango Intercuartílico	9.25	1.3	0	1	9.25	1.3
• CONSENSO Rango intercuartílico = < 1 ♦ SIN CONSENSO Rango intercuartílico > 1						

En esta ronda no hubo ningún comentario adicional por parte de los 16 participantes. Todos los especialistas enviaron sus respuestas.

Segunda Pregunta:

Distribuya 100 puntos entre las zonas del país que a continuación se mencionan, de acuerdo al orden de importancia, en cuanto a la afectación de la calidad ambiental por erosión de los suelos (producida por efectos hidráulicos).

En la tabla 5.10 se muestran las respuestas recibidas de los especialistas indicando la importancia que tiene la erosión sobre las distintas zonas del país, en la misma se indica el cálculo de la mediana y el rango intercuartílico para cada una de ellas.

**Tabla 5.5.- Efectos de la erosión de los suelos sobre distintas zonas del país (Segundo Cuestionario)**

Especialista	Región Bolívar-Amazonas	Delta del Orinoco	Cordillera de la Costa y Región Insular	Región Andina	Región de los Llanos	Región Centro Occidental	Cuenca del Lago de Maracaibo
	Valoración						
Mediana	11	4	17	26	10	19	12
1er cuartil	10	2	15	25	8.8	18	9.8
3er cuartil	11	5	20	27	10	20	16
Rango Intercuartílico	1	3	5	2	1.2	2	6.2
• CONSENSO (C.C) Rango intercuartílico = < 1 ♦ SIN CONSENSO (S.C) Rango intercuartílico > 1							

En esta ronda no hubo ningún comentario adicional por parte de los participantes.

Tercera Pregunta:

Calificar la afectación de los suelos por el factor erosión utilizando la escala numérica del 0 al 10 en cada una de las siguientes situaciones, **a menor afectación mayor calificación.**

En las tablas 5.6 se muestran los resultados obtenidos del cálculo de la mediana y el rango intercuartílico de calidad ambiental para cada uno de los factores y la pérdida del suelo, participando los 16 especialistas iniciales.

**Tabla 5.6.- Resumen de resultados por factor (Segundo Cuestionario)**

Factor	Resultados	Pérdida de suelo (Mg/ha/año)					
		0-5	5-10	10-50	50-100	100-200	>200
Afectación de actividades productivas	Mediana	10	8	6	4	2	1
	Rango Intercuartílico	0	0	0	1	0	1
Clima	Mediana	9	9	6.5	3	2.5	2
	Rango Intercuartílico	5	5.5	4.5	3	2.5	2
Cuerpos de Agua	Mediana	10	8	7	5	2.5	1
	Rango Intercuartílico	0.5	0	0	0	0.9	0.5
Paisaje	Mediana	10	8	7	5	2	1
	Rango Intercuartílico	0	0.5	1	2	0	0.5
Vegetación	Mediana	9	8	7	4	2	1
	Rango Intercuartílico	0.2	0	2	1.5	0	0.5
Fauna	Mediana	10	9	7.5	4	3	3
	Rango Intercuartílico	0.2	0.5	0.8	1	1.2	2
<ul style="list-style-type: none"> <li>● CONSENSO Rango intercuartílico = &lt; 1</li> <li>◆ SIN CONSENSO Rango intercuartílico &gt; 1</li> </ul>							

Al igual que para la primera pregunta de este segundo cuestionario, al disponer los participantes de las opiniones emitidas por los otros especialistas y las estadísticas respectivas; la mayoría ajustó sus valores, observándose un mayor consenso en la mayoría de los valores obtenidos para cada factor. En esta ronda no hubo ningún comentario adicional por parte de los participantes.

### 5.3- Elaboración de la Función de Transformación.

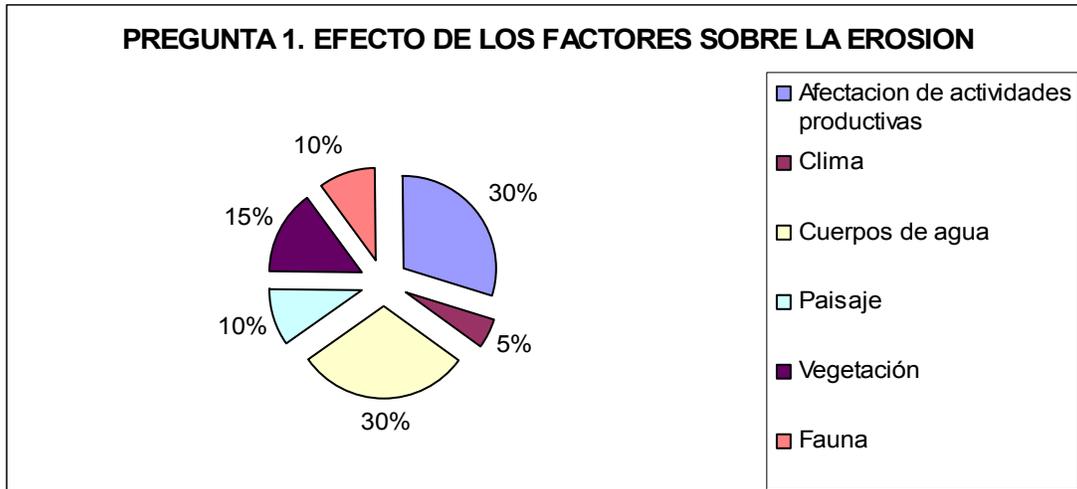
Con la finalidad de elaborar la función de transformación para el parámetro erosión de suelos producida por efectos hídricos se presenta a continuación un resumen de los resultados del segundo y último cuestionario una vez obtenido un consenso razonable.

En la primera pregunta como se muestra en la tabla 5.7 y en la figura 5.1, se puede observar el orden de importancia que los especialistas le asignaron a cada uno de los factores, pudiéndose constatar que dichos especialistas le dieron un porcentaje mayor al 50% de importancia al factor afectación de actividades productivas y cuerpos de agua y un porcentaje menor al factor clima.

**Tabla 5.7.- Ponderación o grado de importancia del medio ambiente afectado**

Factores afectados por la erosión	% Ponderación
Afectación de actividades productivas	30
Cuerpos de agua	30
Vegetación	15
Paisaje	10
Fauna	10
Clima	5

**Figura 5.1.- Porcentaje de afectación por la pérdida del suelo al medio ambiente**



En la tabla 5.8 se muestran las zonas del país de mayor afectación o sensibilidad ante procesos erosivos producidos por el agua.

**Tabla 5.8.- Efectos de la erosión de los suelos sobre distintas zonas del país**

Zonas del país	% Ponderación
Región Andina	26
Región Centro Occidental	19
Cordillera de la costa y Región insular	17
Cuenca del Lago de Maracaibo	12
Región de los llanos	10
Región Bolívar – Amazonas	11
Delta del Orinoco	4

Se puede observar que las regiones catalogadas según los especialistas como mas sensibles antes los procesos erosivos ocasionados por el agua son: la Región Andina, la Región Centro Occidental y la Cordillera de la costa y Región insular y la de menor afectación la Región del Delta del Orinoco.

En la tabla 5.9 se presenta el resumen de los resultados obtenidos en calidad ambiental para cada uno de los factores estudiados expresados por sus medianas.

**Tabla 5.9.- Resumen de los valores asignado a cada factor ambiental vs Pérdida de suelos**

Factores	Pérdida de Suelo en Mg/ha/año					
	0-5	5-10	10-50	50-100	100-200	>200
Afectación de actividades productivas	10	8	6	4	2	1
Cuerpos de agua	10	8	7	5	2.5	1
Vegetación	9	8	7	4	2	1
Paisaje	10	8	7	5	2	1
Fauna	10	9	7.5	4	3	3
Clima	9	9	6.5	3	2.5	2

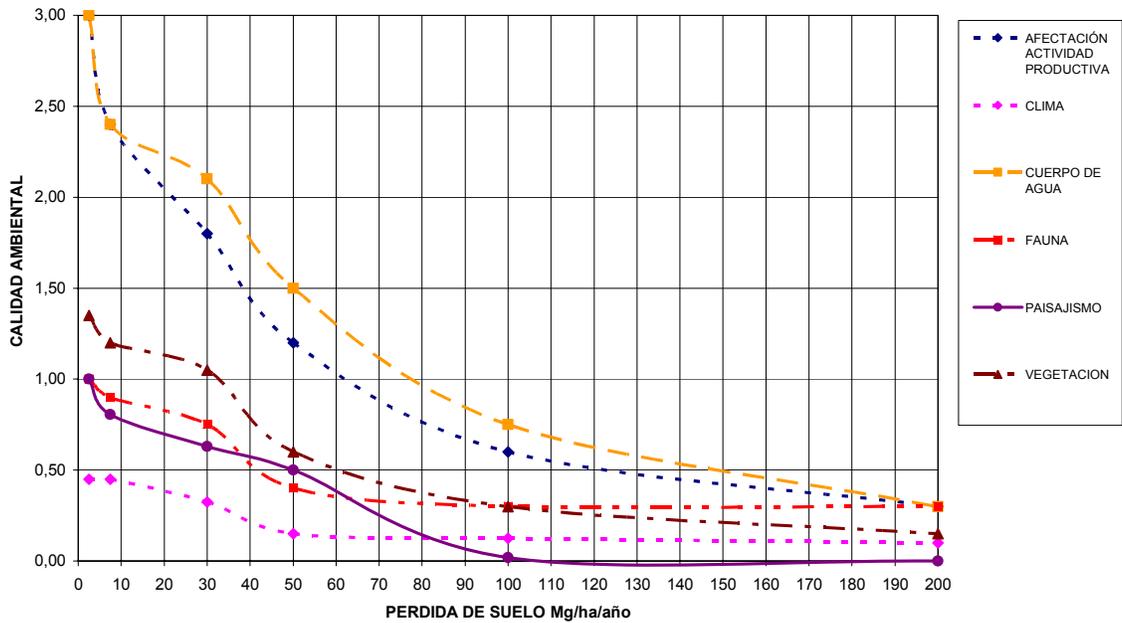
La Tabla 5.10 muestra los resultados de multiplicar cada uno de los valores de las medianas de calidad ambiental (Tabla 5.9), por el porcentaje de importancia del factor respectivo mostrado en la Tabla 5.7. El resultado corresponde a la contribución de la calidad global del suelo, por factor y rango de pérdida de suelo cuando es afectado por la erosión de los mismos producida por el agua.

**Tabla 5.10.- Valores de Calidad Ambiental afectados por porcentaje de importancia**

Factores	Pérdida de Suelo en Mg/ha/año					
	0-5	5-10	10-50	50-100	100-200	>200
Afectación de actividades productivas	3	2.40	1.80	1.20	0.60	0.30
Cuerpos de agua	3	2.40	2.10	1.50	0.75	0.30
Vegetación	1.35	1.20	1.05	0.60	0.30	0.15
Paisaje	1	0.81	0.63	0.50	0.02	0.00
Fauna	1	0.90	0.75	0.40	0.30	0.30
Clima	0.45	0.45	0.33	0.45	0.13	0.10
Total medio integrado	9.80	8.16	6.66	4.35	2.10	1.15

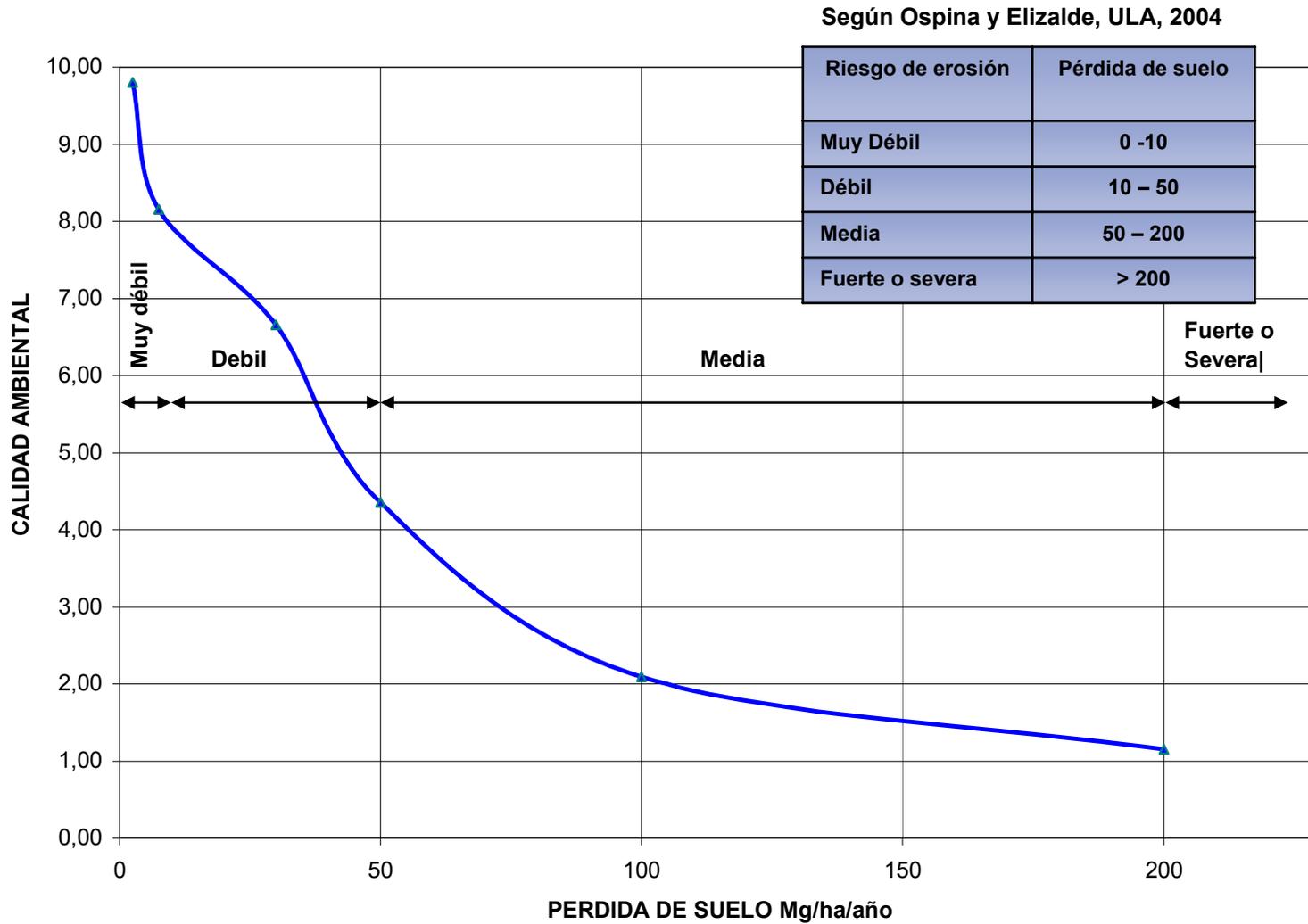
En la figura 5.2 se muestran las curvas correspondientes a la calidad ambiental para cada factor ambiental en función de los rangos de pérdidas de suelos tomados en cuenta en el presente trabajo.

**Figura 5.2.- Curva de transformación para cada factor vs pérdida de suelo.**



A continuación en la figura 5.3 se muestra la curva total del medio integrado vs pérdida de suelo en Mg/ha/año.

**Figura 5.3.- Curva de transformación del medio integrado**



Con la finalidad de facilitar el uso de la gráfica antes expuesta se añadió un eje auxiliar en donde se refleja la pérdida de suelo en cm/ha/año, tal como se utilizó en el capítulo 2. Para lograr éste cambio de unidades se utilizó una densidad de suelo promedio de 1600 Kg/m<sup>3</sup> y se aplicó la siguiente conversión:

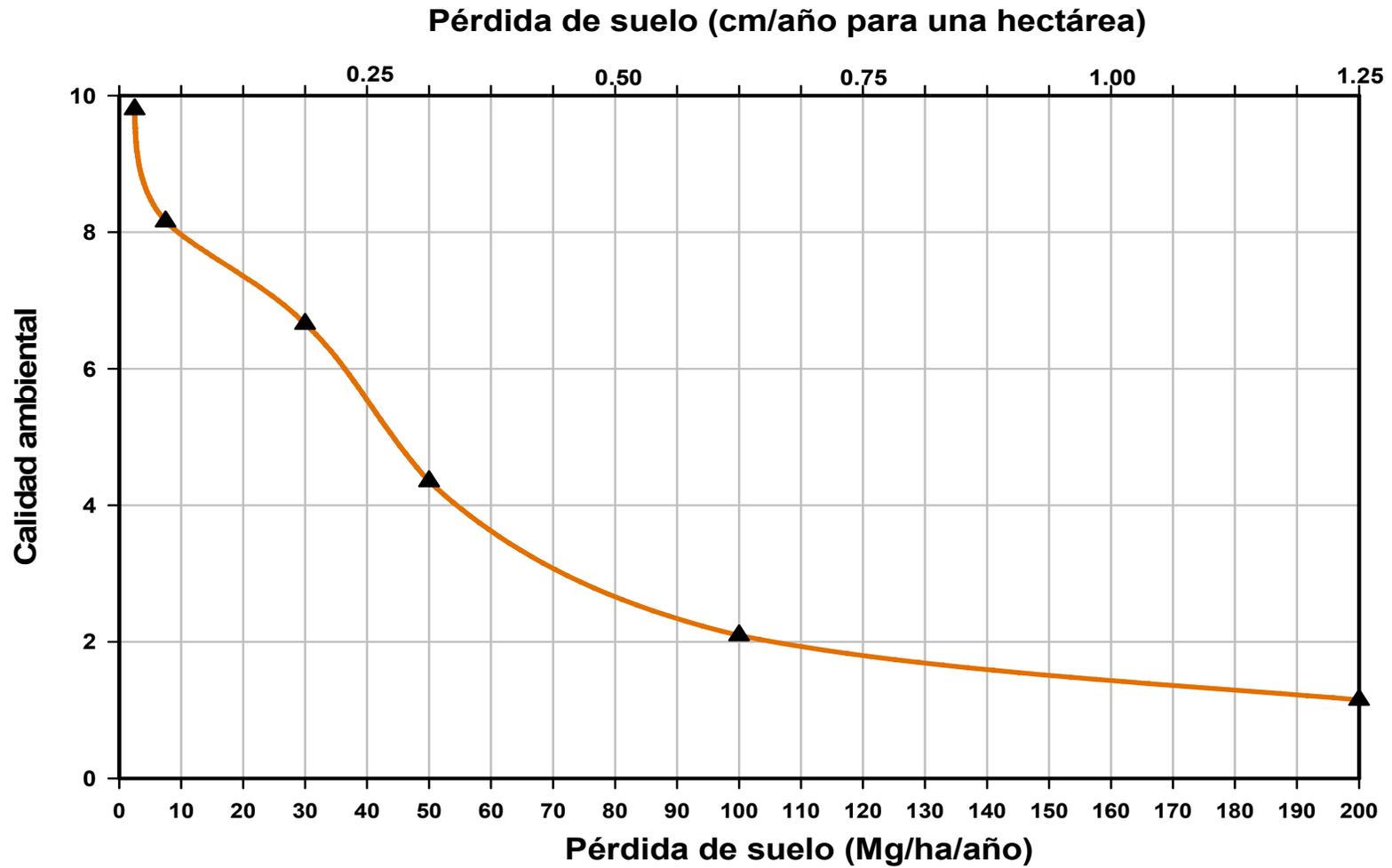
$$1 \frac{Mg}{ha \times año} = 1 \frac{Mg}{ha \times año} \times \frac{1000Kg}{1Mg} \times \frac{1ha}{10000m^2} = \frac{1 Kg}{10 m^2} \Rightarrow$$

$$Si D = 1600 \frac{Kg}{m^3} \Rightarrow$$

$$Profundidad de suelo perdido = \frac{1 Kg}{10 m^2} \times \frac{1 m^3}{1600 Kg} = 0,0000625m \text{ ó } 0,00625cm$$

Obteniendo como resultado la curva mostrada en la figura 5.4:

Figura 5.4.- Curva de transformación del medio integrado con doble eje



## CAPITULO 6

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

A continuación se presenta el análisis de los resultados obtenidos de las tres (3) preguntas practicadas en el cuestionario realizado por los especialistas seleccionados y la curva de transformación construida con el aporte de los resultados obtenidos de dichos cuestionarios.

#### 6.1- Cuestionario: Primera Pregunta.-

El objetivo fundamental de esta primera pregunta era el de establecer la importancia de cada uno de los factores en estudio afectados por la erosión del suelo y así poder conseguir el aporte de cada uno a la calidad ambiental.

En la tabla 6.1 se muestra un resumen de los resultados obtenidos en los cuestionarios 1 y 2 indicando los rangos intercuartílicos.

**Tabla 6.1.- Comparación respuestas pregunta N° 1**

FACTOR	PRIMER CUESTIONARIO		SEGUNDO CUESTIONARIO	
	Mediana	R.I	Mediana	R.I
Afectación de actividades productivas	30	14	30	9.25
Cuerpos de agua	30	5	30	0
Vegetación	15	15	15	9.25
Paisaje	10	10	10	1
Fauna	10	10	10	1.3
Clima	5	5	5	1.3
Total	100		100	
R.I : Rango Intercuartílico				
R.I ≤ 1 Con consenso				
R.I > 1 Sin consenso				

Como se puede observar en los resultados mostrados en la tabla 6.1, y manteniendo el criterio de consenso de un valor de rango intercuartílico menor que uno, se puede decir que:

- En el primer cuestionario se obtuvo una dispersión (determinada por el rango intercuartílico) bastante considerable en todos los factores propuestos con respecto a la mediana, no obteniendo así consenso en ninguno de los factores.
- En el segundo cuestionario se pudo observar una reducción considerable de la dispersión, como era de esperarse según Dalkey (1973), esa reducción oscila entre un 40% y el 100%, llegando en dos de los factores al consenso establecido.
- Se puede observar que el valor de las medianas en el segundo cuestionario se mantuvo igual.
- Los dos factores que obtuvieron la mayor importancia al momento de ser calificados por los especialistas fueron: las actividades productivas y los cursos de aguas, representando el 60% del valor agregado a la curva del medio integrado, esto puede ser motivo de la incidencia de manera directa de dichos factores sobre la sociedad.
- Se observa que el factor clima obtuvo la menor ponderación entre el grupo propuesto, en general la opinión de la mayoría de los especialistas al ser consultados fue que “no veían mayores cambios en las condiciones del clima, ya que al evaluar el impacto erosión que ocasiona un proyecto, el área en estudio se encuentra delimitada y no debería abarcar grandes extensiones de terreno, como para provocar un cambio en el clima.”

## 6.2- Cuestionario: Segunda Pregunta.-

El objetivo fundamental de esta segunda pregunta era establecer la importancia que tiene la erosión del suelo ocasionada por el agua en las distintas regiones del país, para así en posteriores trabajos generar curvas específicas para cada región.

En la tabla 6.2 se muestra un resumen de los resultados obtenidos en los cuestionarios 1 y 2 indicando los rangos intercuartílicos.

**Tabla 6.2.- Comparación respuestas pregunta N° 2**

REGION	PRIMER CUESTIONARIO		SEGUNDO CUESTIONARIO	
	Mediana	R.I	Mediana	R.I
Región Andina	26	7.5	26	1.5
Región Centro Occidental	19	9	19	2.5
Cordillera de la Costa y Región Insular	17	11.5	17	5
Cuenca del Lago de Maracaibo	12	6	12	6.3
Región Bolívar – Amazonas	11	11	11	1
Región de los Llanos	9	5	10	1.3
Delta del Orinoco	5	9	4	3
Total	100		100	
R.I : Rango Intercuartílico				
R.I ≤ 1 Con consenso				
R.I > 1 Sin consenso				

Como se puede observar en los resultados mostrados en la tabla 6.2, y manteniendo el criterio de consenso de un valor de rango intercuartílico menor que uno, se puede decir que:

- Hubo una reducción significativa de la dispersión en el segundo cuestionario, confirmando nuevamente la efectividad de la técnica Delphi.

- Se obtuvieron tres regiones de mayor importancia ante la afectación de sus suelos por la erosión, ellas son: Región Andina 26%, Región Centro Occidental 19% y la Cordillera de la Costa y Región Insular 17%. Cabe destacar que en éstas regiones y parte de la Cuenca del Lago de Maracaibo, es donde se centra principalmente la actividad agrícola, por lo cual dichas regiones cobran mayor importancia en relación con la conservación de los suelos, con la finalidad de no perder la capacidad productiva de ellos. Es de vital importancia que la práctica agrícola sea adecuada para no propiciar la erosión de los suelos y por ende la pérdida de la capa vegetal.
- Otro resultado interesante derivado de los comentarios realizados por los especialistas en el primer cuestionario y plasmados en el capítulo anterior, era la importancia de dividir al país no sólo en regiones, sino también hacer una clasificación por las pendientes de los terrenos, ya que la pendiente es un factor importante que interviene en la pérdida del suelo, lo que puede ser motivo de estudio en un próximo trabajo.
- La zona del Delta del Orinoco recibió la menor calificación, ya que en dicha zona lo que predomina más que la erosión, es la deposición de sedimentos, producto de las características propias del lugar.

### **6.3- Cuestionario: Tercera Pregunta.-**

Esta última pregunta cumple con el objetivo de recopilar los datos de calidad ambiental sobre cada uno de los factores que intervienen en la evaluación para poder así obtener la información necesaria para la realización de la curva, y cumplir con el objetivo principal de este trabajo.

En la tabla 6.3 se muestra un resumen de los resultados obtenidos en esta pregunta, con sus respectivos rangos intercuartílico, lo que nos indica si alcanzamos o no el consenso deseado.

**Tabla 6.3.- Resumen Datos de Curva de Transformación Erosión de suelos**

Factor ambiental / (Mg/ha/año)	Estadística	0-5	5-10	10-50	50-100	100-200	> 200
Afectación de actividades productivas	<b>Primer Cuestionario</b>						
	Mediana	10	8	6	4	2	1
	Rango intercuartílico	1	0.75	1.25	2.5	3	3
	<b>Segundo Cuestionario</b>						
	Mediana	10	8	6	4	2	1
	Rango intercuartílico	0	0	0	1	0	1
Clima	<b>Primer Cuestionario</b>						
	Mediana	8	9	6	4	3	2
	Rango intercuartílico	8	9.5	9	6.5	5.5	4
	<b>Segundo Cuestionario</b>						
	Mediana	9	9	6.5	3	2.5	2
	Rango intercuartílico	5	5.5	4.5	3	2.5	2
Cuerpos de agua	<b>Primer Cuestionario</b>						
	Mediana	9.5	8	7	5	2.5	1
	Rango intercuartílico	3.5	3.5	1.5	1	2.0	2.3
	<b>Segundo Cuestionario</b>						
	Mediana	10	8	7	5	2.5	1
	Rango intercuartílico	0.5	0	0	0	0.9	0.5
Paisaje	<b>Primer Cuestionario</b>						
	Mediana	10	7.5	6	5	2	1
	Rango intercuartílico	5	4.75	3.5	5	2.5	2.5
	<b>Segundo Cuestionario</b>						
	Mediana	10	8	7	5	2	1
	Rango intercuartílico	0	0.5	1	2	0	0.5
Vegetación	<b>Primer Cuestionario</b>						
	Mediana	8	8	6	4	2.5	1
	Rango intercuartílico	7.75	3	3.5	1.5	1.75	2
	<b>Segundo Cuestionario</b>						
	Mediana	9	8	7	4	2	1
	Rango intercuartílico	0.2	0	2	1.5	0	0.5
Fauna	<b>Primer Cuestionario</b>						
	Mediana	8	8.5	7	6	4	4
	Rango intercuartílico	6	7.25	6.5	6	4	5
	<b>Segundo Cuestionario</b>						
	Mediana	10	9	7.5	4	3	3
	Rango intercuartílico	0.2	0.5	0.8	1	1.2	2
<ul style="list-style-type: none"> <li>• CONSENSO RANGO INTERCUARTILICO ≤ 1</li> <li>• SIN CONSENSO RANGO INTERCUARTILICO &gt; 1</li> </ul>							

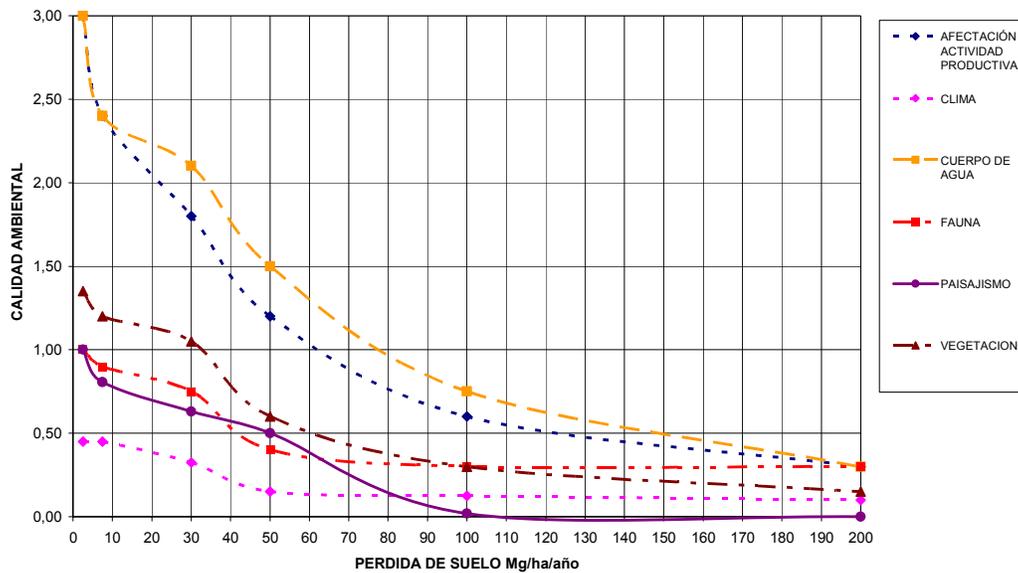
Como se puede observar en los resultados mostrados en la tabla 6.3, y manteniendo el criterio de consenso de un valor de rango intercuartílico menor que uno, se puede decir que:

- Hubo una reducción significativa de la dispersión en el segundo cuestionario, logrando así, pasar de un 1% a un 69 % de consenso, confirmando nuevamente la efectividad de la técnica Delphi.
- Se puede observar que los factores que alcanzaron un consenso casi total son aquellos, que los especialistas en la primera pregunta, calificaron como de mayor importancia.

#### 6.4- Curva de Transformación.

En relación con la curva obtenida para cada uno de los factores que se muestra en la figura 6.1, se puede decir:

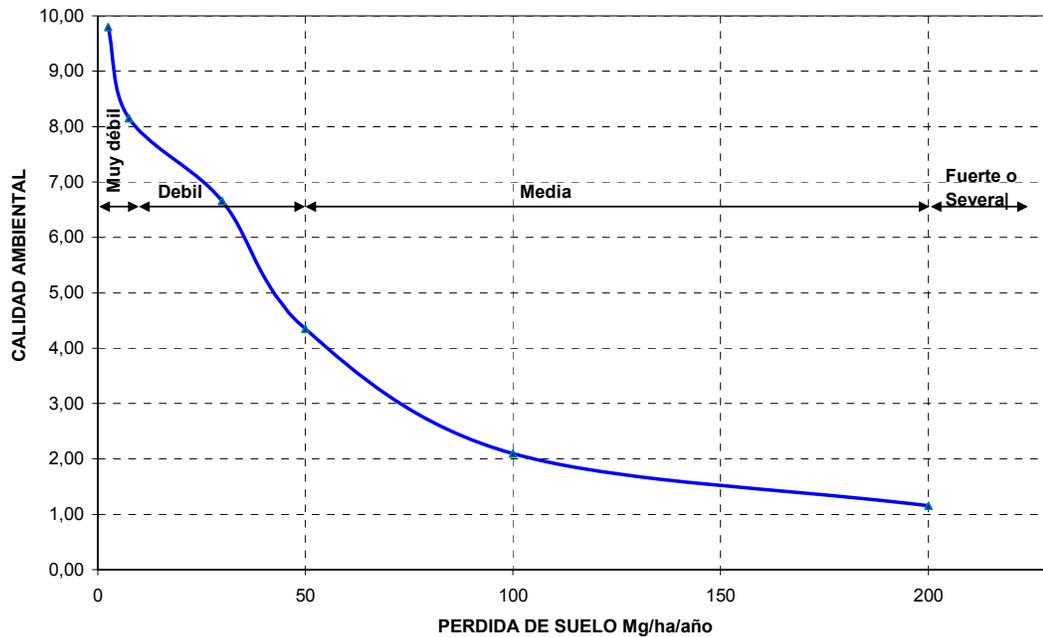
**Figura 6.1.- Curva de Factores a ser evaluados**



- Las curvas de cada uno de los factores poseen pendientes negativas, como era de esperarse por ser la erosión de los suelos un efecto indeseable en el ambiente.
- En las curvas de cada uno de los factores, no se presenta un valor máximo; sin embargo, se puede observar que a niveles de pérdida de suelo mayores de 50 Mg/ha/año, los factores: fauna y clima, se vuelven prácticamente constantes mientras que el factor vegetación se hace constante a partir de 100 Mg/ha/año, indicando así que existe un nivel de pérdida en donde se alcanza una condición más o menos estable, por debajo del cual no ocurre ningún efecto importante, mientras que el factor paisaje posee una calidad ambiental igual a cero (0) para pérdidas mayores de 100 Mg/ha/año.
- En los valores comprendidos entre 0 y 100 Mg/ha/año se puede observar un aumento en la pendiente lo que indica que la calidad ambiental se deteriora rápidamente a medida que aumentan las pérdidas del suelo, dentro de ese rango.

En la figura 6.2 se muestra la curva obtenida para el medio integrado, que representa el objetivo de este trabajo, pudiéndose observar lo siguiente:

**Figura 6.2.- Curva de transformación medio integrado**



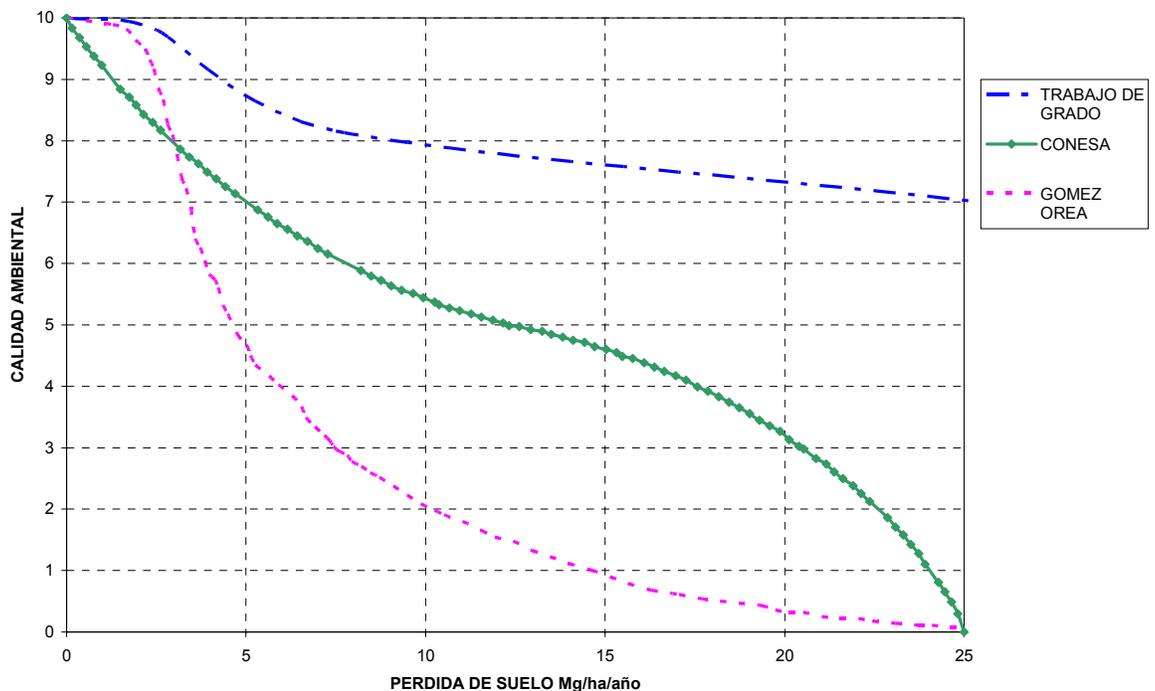
- La pendiente de la curva del medio integrado es negativa, y este resultado concuerda con lo esperado, ya que el fenómeno de erosión en un suelo es un aspecto negativo, debido a que desmejora una condición satisfactoria del medio ambiente, tal y como se indica en el aparte 3.6.
- Se puede observar que la curva entre 0 y 100 Mg/ha/año sufre una afectación significativa de la calidad ambiental, siendo en el primer tramo entre los 0 y 10 Mg/ha/año la pendiente de la curva más fuerte y negativa, cabe destacar que no hubo datos suficientes para detallar de una mejor manera lo que sucede en el tramo entre 0 y 5 Mg/ha/año, para ello se recomienda realizar un grupo de preguntas específicas en posteriores cuestionarios para determinar mejor la forma de ese tramo.

- La curva presenta por lo menos tres puntos de inflexión, dividiendo la curva en cuatro partes, en cada uno de esos puntos la pendiente se empieza a suavizar hasta volverse casi constante a partir de los 100 Mg/ha/año.
- La curva del medio integrado es el resultado de la suma de cada uno de los factores ponderados por su nivel de importancia obtenido en la pregunta 1.

### 6.5- Comparación de la curva de transformación.

La curva de transformación obtenida por éste trabajo es comparable con la curva suministrada por Gómez Orea (1999) y Conesa (2003) las cuales se muestran en la figura 6.3, de allí se puede decir que:

**Figura 6.3.- Comparación de curvas de transformación obtenida por distintos autores.**



- Las curvas corresponden a una función no lineal con pendientes negativas, siendo las propuestas por Gómez Orea y Conesa las que poseen una pendiente más brusca.
- En el rango de pérdida comprendido entre 0 y 7 Mg/ha/año se puede ver una disminución brusca de la calidad ambiental en las curvas propuestas por Gómez Orea, mientras que en las propuestas por este trabajo y por Conesa la disminución de la pendiente es más suavizada.
- Para una pérdida de 25 Mg/ha/año en las curvas propuestas por Gómez Orea y Conesa la calidad ambiental es igual a cero (0) mientras que en la curva obtenida en este trabajo para la misma pérdida la calidad ambiental es igual a siete (7).
- Se puede observar que los intervalos de pérdida de suelo propuestos por Gómez Orea y Conesa son de 0 a 25 Mg/ha/año, mientras que el propuesto por éste trabajo va desde 0 a más de 250 Mg/ha/año, lo que equivale a 10 veces más que el propuesto por los autores antes citados, esto podría atribuirse a lo comprometido que están los suelos en los países donde la explotación de los mismos posee una duración mayor en el tiempo, además de trabajar con una legislación un poco más exigente que la existente en Venezuela.
- No se consiguió ningún criterio específico, tomado por los autores Gómez Orea y Conesa, para la realización de las curvas propuestas en sus trabajos.

Las curvas propuestas por Garmendia (2005) y otras propuestas por Gómez Orea y Conesa, no pueden ser comparables ya que se tomaron en cuenta otros factores relacionados con la erosión de suelos, como por ejemplo los sedimentos aportados, las parcelas agrarias erosionadas, etc., las cuales no son comparables con la curva general elaborada en éste trabajo.

## CAPITULO 7

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Al culminar este trabajo se pudieron obtener las siguientes conclusiones:

De la metodología utilizada.

- La técnica Delphi es totalmente válida para la elaboración de las curvas de transformación, dicho método fue aplicado a más de 20 especialistas relacionados con el área a evaluar y ubicados en distintas partes del país logrando la respuesta de 16 de ellos, en ambos cuestionarios, lo cual satisface lo propuesto por Dalkey (1969), donde nos indica que el número mínimo de especialistas exigibles es de 7.
- Se observó un gran interés por el resultado final del proyecto, debido a lo novedoso del tema, de igual forma se recomienda mantener un contacto continuo con los especialistas participantes, con la finalidad de que no se pierda el interés y existan respuestas oportunas de cada una de las rondas realizadas.
- En la estadística aplicada a los cuestionarios se utilizó el valor de la mediana y el rango intercuartílico como medida de la dispersión, estos dos parámetros tienen validez debido al tipo de serie de datos estudiados, pudiendo interpretar fácilmente las dispersiones obtenidas. No se descarta el uso de la media aritmética ni de la desviación estándar, pero hay que recordar que este tipo de parámetros no son válidos cuando existen intervalos abiertos, como ocurría en este trabajo.

- De acuerdo a lo esperado Dalkey (1969), el consenso obtenido en el primer cuestionario fue mejorado sustancialmente en el segundo cuestionario logrando hasta un 68% de coincidencia en los valores del rango intercuartílico, resultado de los valores propuestos por los especialistas en la tercera pregunta. Se podría esperar, que de haber una tercera ronda este consenso debería incrementar. Cabe destacar que este trabajo no tenía el objetivo principal de lograr un consenso total y es por ello que sólo se realizaron dos rondas para demostrar la validez de la técnica Delphi. Se recomienda que para la utilización de esta metodología en proyectos, se realicen tantas rondas como sea necesario para lograr un consenso mayor, pero hay que estimar un número máximo de rondas a realizar, para así poder obtener un resultado.
- En cuanto a la metodología utilizada para conseguir los datos necesarios se puede decir que: la técnica Delphi, al garantizar la confidencialidad de las respuestas y el desconocimiento entre los especialistas participantes, es un instrumento que no genera ninguna presión sobre la persona a la cual se le está aplicando, obteniendo así resultados mas apegados a la realidad.
- En conclusión la metodología utilizada es adecuada para la elaboración de las curvas de transformación

#### De los resultados y la curva de transformación

- En la revisión bibliográfica llevada a cabo en este trabajo, hasta ahora, no hay reportada para Venezuela ninguna curva de transformación para el factor erosión del suelo por efectos del agua. Por lo que se puede afirmar, que ésta es la primera curva de transformación para la erosión de suelo por efectos del agua, tomando en cuenta factores como la afectación de la

actividad productiva, cuerpos de agua, fauna, paisaje, vegetación y clima, adaptados a las condiciones del país.

En relación con los resultados obtenidos en los cuestionarios, se puede decir:

- Respecto a la primera pregunta: el factor clima no afecta sustancialmente los resultados correspondientes a la curva del medio integrado, por lo que se recomienda la eliminación de este factor para futuros trabajos. De igual forma se observa que los factores con mayor puntuación son aquellos que de una forma u otra afectan directamente al ser humano.
- De los factores tomados en cuenta para la realización de la curva de transformación, se puede concluir que: la afectación de las actividades productivas y los cuerpos de agua tuvieron una contribución mayor (60 %) a la curva del medio integrado.
- Respecto a la segunda pregunta: se puede concluir que, las zonas de mayor afectación en Venezuela por la erosión de los suelos producida por fenómenos hídricos son: la Región Andina, la Región Centro Occidental y la Cordillera de lo Costa y Región Insular, siendo las demás afectadas en menor grado. Debido a las diferencias de topografía y condiciones ambientales de cada una de estas regiones, sería interesante realizar curvas para cada una de éstas, utilizando la metodología propuesta de manera de ser más precisos a la hora de valorar el efecto. Hay que indicar que la curva obtenida es general para todo el país.
- Respecto a la tercera pregunta se puede decir que el único factor que no logró el consenso en ninguno de los rangos evaluados fue el clima y se

puede suponer que es debido a la poca importancia que le dieron los especialistas a dicho factor, lo que ratifica la recomendación dada anteriormente sobre su eliminación.

- En relación con la curva de transformación obtenida:
  - Por ser la erosión de los suelos un aspecto negativo y basándonos en los criterios expuestos por Gómez Orea, Conesa y más recientemente por Mendoza Puga y Marín, la pendiente obtenida en la curva del medio integrado es negativa, al igual que la obtenida por cada uno de los factores que participaron en la construcción de la misma. Confirmando una vez más el efecto negativo que tiene el impacto estudiado en este trabajo.
  - La función de transformación obtenida en este trabajo es de aplicación general para el país, no considera aspectos específicos de cada una de las regiones indicadas en la pregunta dos, sin embargo, esta limitación no impide su utilización, ya que en la actualidad se han venido empleando curvas de transformación realizadas en otros países con condiciones distintas a las presentadas en Venezuela. Además la curva obtenida en este trabajo fue realizada por especialistas venezolanos en el área ambiental y de suelo, lo que da una mayor confiabilidad en su uso.
  - La elaboración de las funciones de transformación para estudios de impacto ambiental, es un proceso complejo con interrelación de variables ambientales desconocidas, que le confieren un carácter subjetivo, requiriendo del consenso de opinión de un conjunto de especialistas para darle una mayor validez a dicha función.

- Las funciones de transformación son útiles en métodos de valoración cuantitativa, al convertir unidades heterogéneas de magnitud de cualquier indicador en unidades homogéneas de calidad ambiental.
- Con la finalidad de obtener el parámetro de pérdida de suelo se recomienda utilizar la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE), desarrollada por Wischmeier y Smith (1978)

En relación con la comparación con curvas elaboradas en otros países:

- Existen las curvas propuestas por Conesa (2003), que consideran los siguientes indicadores: sedimentos aportados, % pendiente, ponderada por % de la superficie afectada, parcelas agrarias erosionadas, reducción del tamaño de la parcela, no obstante para efectos de este trabajo ninguna de esas curvas propuestas son comparables ya que las unidades de medida no lo son.

Gómez Orea (1999) y Conesa (2003) proponen una curva de transformación utilizando los mismos parámetros que la propuesta en este trabajo, (figura N° 6.3). Al comparar estas dos (2) curvas con la obtenida en este trabajo se puede concluir lo siguiente:

- En las curvas propuestas por Gómez Orea y Conesa se puede observar que pérdidas de suelo de 25 Mg/ha/año ya consideran que la calidad ambiental es igual a cero (0), mientras que en la curva obtenida por nosotros para una pérdida igual, la calidad ambiental es de siete (7), lo que indica que la calidad ambiental obtenida por éste trabajo siempre será mayor que la reportada por las curvas antes mencionadas. Esto pone en evidencia que en países como el nuestro, se permiten pérdidas mayores debido a la falta de regulación sobre este recurso, pero se

debería empezar a tomar medidas de conservación por ser un recurso que demora mucho tiempo en recuperarse.

La curva presentada en éste trabajo, representa un aporte significativo en el área ambiental, al no existir otra curva realizada para las condiciones dadas en Venezuela y, deja evidencia que las curvas utilizadas hasta el momento son muy punitivas a la hora de evaluar este factor.

Con este estudio se logró establecer la metodología para la realización de éste tipo de trabajo, proporcionando estrategias para la elaboración de futuras funciones de transformación, constituyéndose en una herramienta útil para los estudios de impacto ambiental; también se verificó la aplicación de la técnica Delphi en la consecución de información necesaria para la elaboración de la curva.

Cabe destacar que una recomendación importante es la propuesta para futuras investigaciones de realizar la regionalización de la curva, ya que se observó que ésta podría variar dependiendo de factores como: la pendiente y los tipos de suelo que existen en las distintas regiones del país.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **Atlas de suelos de Venezuela.** (s.f). Publicaciones digitales del INIA (Instituto de investigación agrícola). [www.ceniap.gov.ve/pbd/atlas/ATLAS.htm](http://www.ceniap.gov.ve/pbd/atlas/ATLAS.htm) [Consulta: Enero 2006]
2. Battelle Columbus Laboratory. (1971). **Environmental Evaluation System for Water Resource Planning.** Springfield.
3. BENITEZ, Joaquín. (2001) **Curso Evaluación de Impacto Ambiental.** Postgrado Ingeniería Ambiental, UCAB – Caracas.
4. BRAVO ESTEVEZ, M<sup>a</sup> de Lourdes, ARRIETA GALLASTEGUI, José Joaquín. (s.f) **El método Delphi. Su implementación en una estrategia didáctica para la enseñanza de las demostraciones geométricas.** Revista Iberoamericana de Educación.
5. BOLEA, M. T. (1977). **Las evaluaciones de Impacto Ambiental,** Cuadernos CIFCA. Madrid.
6. BUROZ C., Eduardo. (1998). **La gestión ambiental, marco de referencia para las evaluaciones de impacto ambiental.** Ediciones Fundación Polar.
7. CANTER L. W. (1998). **Manual de Impacto Ambiental. “Técnica para la elaboración de estudios de impacto”.** Madrid.
8. CANTER L. W. (1999). **Manual de Evaluación de Impacto Ambiental.** McGraw Hill. Segunda Edición.
9. CONESA FERNANDEZ-.VITORIA. (2003). **Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental.** Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

10. DALKEY, Normal. (1969). *The delphi method: An Experimental Study of Group Opinion*, RM-5888-PR. Santa Monica, EEUU.
11. DERRUAU, M. (1978). **Geomorfología**. Editorial Ariel. Segunda Edición. España.
12. DIAZ de Terán J.R. (s.f). **Indicadores e índices de calidad ambiental y para la evaluación de planes y políticas ambientales**. España.
13. DUEK, Jacob J. (1982). **Metodología para la evaluación de impactos ambientales**. Contemporánea de Ediciones. Caracas.
14. ESPINOZA, Guillermo. (2001). **Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental**, Cap VII, Banco Interamericano de Desarrollo, Chile.
15. I.T.A Técnicas Ambientales, C.A. (2002). **Manual de procedimiento para la revisión e incorporación de la variable ambiental en proyectos de vialidad**. Caracas.
16. FUNDAMBIENTE. (1998). **Principales problemas ambientales en Venezuela**.
17. GARMENDIA, A.; SALVADOR, A.; CRESPO, C.; GARMENDIA, L. (2005). **Evaluación de Impacto Ambiental**. Pearson Educación, S.A. Madrid.
18. GOMEZ OREA, Domingo. (1988). **Evaluación del impacto ambiental de proyectos agrarios**. IRYDA. Madrid.
19. GOMEZ OREA, Domingo. (1999). **Evaluación del impacto ambiental**. Editorial Mundi-Prensa. España.

20. GOMEZ OREA, Domingo. (1978). **El medio físico y la planificación**. Vol. 2. Madrid: CIFCA.
21. GUEVARA P., Edilberto. (2000). **Sistemas de conservación y rehabilitación de cuencas**. CDCH-UC. Valencia-Venezuela.
22. **Indices e indicadores para evaluación y seguimiento ambiental**. Disponible en <http://usuarios.lyco2.es/jump/impact.htm>. [Consulta: Enero 2006]
23. JEGAT, Hervé; ESPINOZA, C. (1990). **Cuantificación de la pérdida superficial de suelos a nivel de cuencas mediante la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suela (USLE)**. En metodología de la evaluación de la erosión del suelo y en impacto en la productividad. CIDIAT. Mérida.
24. LOPEZ, R. (1990). **Algunas consideraciones en relación al uso de la ecuación universal de pérdida de suelo en Venezuela. Metodología de evaluación e investigación de la erosión del suelo y su impacto en la productividad y el ambiente**. CIDIAT.
25. MARIN, César. (2006). **Propuesta de una Función de Transformada para evaluar impactos ambientales relacionados con partículas totales suspendidas en el aire**. Tesis de Maestría, UCAB. Caracas-Venezuela.
26. MENDOZA PUGA, Luis. (2000). **Evaluación de impacto ambiental de proyectos de infraestructura Viaria: Funciones de Transformación**. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, España.

27. Ministerio De Medio Ambiente Español, Secretaría General Técnica. (2000). **Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental**, Grandes presas. España.
28. Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales. (1992). **Ley Penal del Ambiente y sus Normas Técnicas**.
29. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. (1996). **Balance Ambiental de Venezuela**. Caracas, Venezuela.
30. Dirección de Vialidad, División de Estudios y Proyectos (MOP). (1967). **Manual de drenaje**. Caracas.
31. OSPINA, A.; G. ELIZALDE; VILORIA; OCHOA. (2004). **Balance morfodinámico de la cuenca alta del río Guárico, manejo integral de la cuenca alta del río Guárico**. Núcleo de investigación y excelencia. Proyecto iniciativa científica Milenio.
32. PAEZ, María Luisa. (1989). **Diseño de prácticas de conservación con la ecuación universal de pérdida de suelo**. CIDIAT.
33. PAEZ, María Luisa. (1990). **Consideraciones metodológicas sobre la USLE para mejorar su poder predictivo y la calidad de la información básica generada por su utilización**. En: **Metodología de evaluación e investigación de la erosión del suelo y su impacto en la productividad y el ambiente**. CIDIAT.
34. República de Venezuela. **Ley Orgánica del Ambiente**. Junio 1976, Gaceta Oficial N° 31.004. Caracas.

35. República de Venezuela. **Ley Forestal de Suelos y Agua**. Enero 1966, Gaceta Oficial Extraordinaria N° 1.004. Caracas.
36. República de Venezuela. **Reglamento Parcial de Ley Forestal de Suelos y Agua**. Septiembre 1991, Gaceta Oficial Extraordinaria N° 34.808. Caracas.
37. República de Venezuela. **Normas para regular la afectación de los Recursos Naturales Renovables asociados a la Explotación y Extracción de Minerales**. Abril 1992, Decreto N° 2.219. Gaceta Oficial N° 4.418. Caracas.
38. República de Venezuela. **Normas para establecer las Medidas y Prácticas Conservacionistas que deben ejecutarse en la Apertura, Construcción y Mantenimiento de Pistas y Vías de Acceso para Atenuar Efectos Ambientales**. Abril 1992, Decreto N° 2.226. Gaceta Oficial Ext. N° 4.418. Caracas.
39. República de Venezuela. **Normas sobre el Movimiento de Tierra y Conservación Ambiental**. Mayo 1993, Decreto N° 2.212. Gaceta Oficial N° 35.206. Caracas
40. República de Venezuela. **Normas sobre Evaluación de Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente**. Abril 1996, Decreto N° 1.257. Gaceta Oficial N° 35.946. Caracas.
41. República Bolivariana de Venezuela. **Constitución de la República Bolivariana de Venezuela**. Diciembre 1999. Caracas.
42. R.P.C. Morgan. (1997). **Erosión y conservación del suelo**. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

43. SANTALLA PEÑALOZA, Zuleyma del Rosario. (2003). **Guía para la Elaboración Formal de Reportes de Investigación**. Caracas: UCAB.
  
44. **Seminario de actualización. Prácticas y futuras aplicaciones de los estudios de impacto ambiental**. MARN. (1998). Programa Nacional de Gerencia Ambiental y Cartografía. Caracas.
  
45. U.D. Proyectos. E.T.S.I. Minas – UPM. (2002). **Manual de estabilización y revegetación de taludes**. Universidad Politécnica de Madrid - Madrid.
  
46. ZAERA, F., SERRADELL, J. (1971). **Métodos estadísticos**. Ediciones La Enseñanza.

## ANEXO A FORMATO PRIMER CUESTIONARIO

Caracas, 24 de Abril de 2006

Ingeniero

XXXXX

Caracas.-

La que suscribe, Ing. Elia Patricia Pereira, estudiante de la Maestría de Ingeniería Ambiental de la Universidad Católica Andrés Bello, está desarrollando el proyecto de grado intitulado "**PROPUESTA DE UNA FUNCION DE TRANSFORMACION PARA EVALUAR IMPACTOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL FACTOR EROSION DE SUELOS PRODUCIDA POR FENOMENOS HIDRÁULICOS**", cuyo objetivo es el de construir las funciones de valor del parámetro ambiental erosión de suelo, dentro del ámbito geográfico nacional.

Para el logro del mencionado objetivo se está siguiendo la Técnica Delphi, que permitirá conocer las diversas opiniones de un grupo de especialistas en el tema a ser evaluado, caracterizándose por buscar la convergencia de los razonamientos en su segunda etapa de retroalimentación. Por tal motivo, les estamos invitando muy cordialmente a participar de esta consulta.

De poder contar con su colaboración, es de vital importancia que no delegue la contestación del cuestionario adjunto a otras personas, de igual forma si usted observa alguna omisión sobre algunos aspectos de importancia que no han sido considerados en el cuestionario, por favor realice las anotaciones pertinentes en el área correspondiente a cada pregunta.

---

Otra de las peticiones por cuestiones de tiempo y exigencias académicas le agradeceríamos poder contar con el cuestionario para la fecha límite, fijada para el 19 de Mayo del año en curso.

Para la devolución de este cuestionario puede hacerlo al correo electrónico [papereir@gmail.com](mailto:papereir@gmail.com) , o si lo prefiere, en Caracas, puede contactar a: Ing. Patricia Pereira, al teléfono 0212-4074161 ó 0416-6051590 para recogerlo personalmente; de igual manera puede comunicarse con el Ing. Joaquín Benítez, Asesor Académico de este trabajo a través de: [caura4@cantv.net](mailto:caura4@cantv.net) ; telf. 0212-9510481.

Agradezco de antemano su colaboración y reciba un saludo afectuoso.

Ing. E. Patricia Pereira.

---

## ANTECEDENTES

Los Estudios de Impacto Ambiental (E.I.A), por lo general consideran un grupo de factores ambientales que presumiblemente van a ser objeto de impacto (como son: la atmósfera, el suelo, el agua, la vegetación, etc.).

Con la finalidad de ponderar la importancia de cada factor se generaron distintos métodos, algunos cualitativos y otros cuantitativos.

En Venezuela se puede observar que un gran número de E.I.A. utilizan métodos cuantitativos, entre ellos se puede mencionar el Método de los indicadores o Criterios Relevantes Integrados<sup>6</sup>, que consiste en obtener un valor numérico para cada impacto ambiental de carácter cualitativo, el cual reside en que el Valor del Impacto Ambiental (V.I.A.) de un efecto a considerar, es la sumatoria de los productos del valor asignado por expertos a los diferentes indicadores, multiplicado por el correspondiente peso o ponderación del mismo.

Con la finalidad de facilitar la transformación de estos valores asignados a la escala de calidad ambiental se utilizan las Funciones de Transformación para cada parámetro a ser evaluado. La generación de dichas gráficas incluyen en muchos casos variables como el clima, suelo, vegetación, etc., que como se sabe varían dependiendo de su ubicación en el planeta.

La mayoría de las funciones de transformación que se encuentran en la actualidad fueron elaboradas en países con climas templados y distinta normativa ambiental. Dichas gráficas se están utilizando en algunos casos de forma tal, que no toman en cuenta las variaciones que pueden existir entre los países con clima

---

<sup>6</sup> Ingeniería Caura, S.A. (2000)

templado y los tropicales, como sería el caso de Venezuela, pudiendo arrojar valores que no se adecuen a la realidad venezolana.

Cabe destacar que el uso de estas gráficas facilitan enormemente la evaluación de un impacto específico, además de contribuir a disminuir la subjetividad en la evaluación. Por tal motivo surge la inquietud de generar las funciones de transformación para países tropicales. En vista de la amplitud del tema, se redujo el alcance del presente trabajo a un país (Venezuela) y al estudio de un factor, seleccionando de esta forma el elemento suelo y el estudio del factor erosión del suelo producida por fenómenos hidráulicos, debido a la importancia que este representa en la mayoría de los E.I.A. efectuados en el país.

Para la realización de estas curvas se desea utilizar el Método DELPHI, el cual consiste en un método de consulta de especialistas, que se basa en obtener la opinión de un grupo de personas sobre un tema específico mediante la utilización de un cuestionario.

El objetivo principal del cuestionario DELPHI, es el de obtener un cierto 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 mas amplio y diversificado posible, de manera así, de obtener una visión integrada del factor en estudio.

El método DELPHI consta de dos aspectos básicos:

1. La estricta confidencialidad con la que se utilizan los aportes hechos por cada participante, lo que permite conseguir una gran objetividad en sus respuestas.
2. La utilización de un segundo cuestionario, con el que se intenta retomar los puntos de aparente desacuerdo en los resultados preliminares. Este segundo cuestionario permite alcanzar el consenso o confirmar los puntos en los que no es posible unificar las conclusiones.

---

Una vez realizada la segunda ronda se prepara un informe que resume estadísticamente los resultados obtenidos, analizando y comentando sus aspectos más significativos.

---

## Formato Primer Cuestionario

El propósito de éste primer cuestionario es determinar, según su experiencia, si las propuestas de los aspectos evaluados (indicadores) y los rangos sugeridos (pérdida de suelo) son los adecuados o no, para así, realizar las correcciones que apliquen a cada caso y poder usarlo en este ejercicio DELPHI.

El cuestionario consta de tres preguntas: con la primera, se busca establecer la importancia que tiene cada uno de los factores ambientales inicialmente considerados (afectación de actividades productivas, clima, cuerpos de agua, paisajismo, vegetación y fauna) perjudicados por la erosión de suelos, en cuanto a su contribución a la calidad global del ambiente. Para ello se le va a solicitar que le asigne, a cada factor, un peso ponderado, expresado en unidades de importancia (UI), de manera tal, que la suma de todos los componentes ambientales sea igual a 100 (UI).

Con la segunda pregunta, se busca establecer la importancia que tiene el factor erosión de suelos en distintas zonas del país inicialmente consideradas (Región Bolívar-Amazonas, Delta del Orinoco, Cordillera de la Costa y Región Insular, Región Andina, Región de los Llanos, Región Centro Occidental, Cuenca del Lago de Maracaibo). De igual forma que en la pregunta uno se le va a solicitar que asignen, a cada factor afectado, un peso ponderado, expresado en unidades de importancia (UI), de manera tal, que la suma de todos los componentes ambientales sea igual a 100 (UI).

Con la tercera pregunta, se trata de ponderar el efecto que tiene la erosión ó pérdida de suelo sobre cada uno de los factores ambientales anteriormente considerados. En este caso, se pide calificar para cada indicador afectado por la erosión, 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 factores del medio ambiente, afectados por la erosión de los suelos producida por efectos hidráulicos, de forma tal que los puntos representen la importancia relativa, que para ustedes tiene cada factor, en cuanto a su contribución a la calidad global del medio ambiente.

### EFFECTOS DE LA EROSIÓN DE LOS SUELOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

FACTOR (Tipo de efecto)	PUNTOS
• Afectación de actividades productivas (Obras hidráulicas, agropecuaria, forestal, vialidad, infraestructura)	
• Clima (Cambio del microclima de la zona)	
• Cuerpos de agua (transporte de sedimentos)	
• Paisajismo (estética)	
• Vegetación y Fauna (Disminución de la vegetación, capacidad de regeneración de ecosistemas,)	
• Fauna (desaparición de especies animales de la zona, afectación de hábitat)	
<b>SUMA</b>	<b>100</b>

#### COMENTARIOS:

---

---

## PREGUNTA DOS

Distribuya 100 puntos entre las zonas del país que a continuación se mencionan, de acuerdo al orden de importancia, en cuanto a la afectación de la calidad ambiental por erosión de los suelos (producida por efectos hidráulicos).

### EFECTOS DE LA EROSIÓN DE LOS SUELOS SOBRE DISTINTAS ZONAS DEL PAIS<sup>7</sup>

ZONA	PUNTOS
Región Bolívar-Amazonas	
Delta del Orinoco	
Cordillera de la Costa y Región Insular	
Región Andina	
Región de los Llanos	
Región Centro Occidental	
Cuenca del Lago de Maracaibo	
<b>Suma</b>	<b>100</b>

#### COMENTARIOS:

---

---

---

---

---

---

<sup>7</sup> Zonificación de acuerdo a: Educación Ambiental, Serie Azul, Segunda etapa FEDUPEL 2000

**PREGUNTA TRES**

Calificar la afectación de los suelos por el factor erosión utilizando la escala numérica del 0 al 10 en cada una de las siguientes situaciones, a menor afectación mayor calificación.

PERDIDA DE SUELO Mg/ha/año	EFECTOS DE LA EROSIÓN DE LOS SUELOS PRODUCIDA POR EFECTOS HIDRAULICOS					
	Afectación Actividad Productiva	Clima	Cuerpo de Agua	Paisajismo	Vegetación y Fauna	Sociedad
0-5						
5-10						
10-50						
50-100						
100-200						
> 200						

**COMENTARIOS:**

---



---



---

## ANEXO B FORMATO SEGUNDO CUESTIONARIO

Ingeniero

**XXXXX**

Caracas.-

Una vez recibidas las respuestas del primer cuestionario, realizado el análisis estadístico y resumido las opiniones utilizadas por los especialistas, se envía este último cuestionario con la finalidad que compare sus respuestas con la de los demás participantes, utilizando la información estadística adjunta y las opiniones que la complementan con el propósito de lograr el consenso de opiniones en este estudio Delphi.

Para la devolución de este cuestionario, puede hacerlo al correo electrónico [papereir@ucab.edu.ve](mailto:papereir@ucab.edu.ve), [papereir@gmail.com](mailto:papereir@gmail.com) o si lo prefiere, puede enviarlo al Ingeniero Joaquín Benítez, Asesor Académico de este trabajo a través de: [caura4@cantv.net](mailto:caura4@cantv.net)

Así mismo, por cuestiones de tiempo y exigencias académicas le agradezco devolver este cuestionario lo antes posible (preferiblemente antes del 30 de Junio).

Gracias por tomarse el tiempo para responderlo y le reitero que su respuesta será tratada con absoluta confidencialidad y será enteramente anónima.

Reciba un saludo afectuoso.

E. Patricia Pereira G.

## Formato Segundo Cuestionario

### PREGUNTA UNO

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

PREGUNTA: Distribuya 100 puntos entre los siguientes factores del medio ambiente, afectados por la erosión de los suelos producida por efectos hidráulicos, de forma tal que los puntos representen la importancia relativa, que para ustedes tiene cada factor, en cuanto a su contribución a la calidad global del medio ambiente.

	FACTORES				Ver estadística		
	Afectación actividades productivas	Clima	Cuerpos de agua	Paisajismo	Vegetación	Fauna	Suma
Sus valores	30	5	25	15	15	10	100
Mediana panel	30	5	30	10	15	10	
Diferencia	0	0	5	5	0	0	
± 1.5 unidad rango intercuartílico	coincide mediana	coincide mediana	fuera rango	fuera rango	coincide mediana	coincide mediana	
Confirma sus primeros valores (SI o NO)							
Asume mediana panel (SI o NO)							
Nuevos valores							100

#### INTRUCCIONES PARA RELLENAR 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

La tabla adjunta, corresponde a sus respuestas a la pregunta dos del primer cuestionario de este estudio Delphi. Con el propósito de buscar el consenso, reconsidere aquellos valores que presentan mayor dispersión.

PREGUNTA DOS: Distribuya 100 puntos entre las zonas del país que a continuación se mencionan, de acuerdo al orden de importancia, en cuanto a la afectación de la calidad ambiental por erosión de los suelos (producida por efectos hidráulicos).

<b>EFFECTOS DE LA EROSIÓN DE LOS SUELOS SOBRE DISTINTAS ZONAS DEL PAIS</b>							
	<a href="#">Ver estadística</a>						
	Región Bolívar-Amazonas	Delta del Orinoco	Cordillera de la Costa y Región Insular	Región Andina	Región de los Llanos	Región Centro Occidental	Cuenca del Lago de Maracaibo
Sus valores	5	0	20	30	5	20	20
Mediana panel	10	5	16	25	10	20	10
Diferencia	5	5	4	5	5	0	10
± 1.5 unidad rango intercuartílico	fuera rango	fuera rango	fuera rango	fuera rango	fuera rango	coincide mediana	fuera rango
Confirma sus primeros valores (SI o NO)							
Asume mediana panel (SI o NO)							
Nuevos valores							

### INTRUCCIONES PARA RELLENAR 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 TRES

La tabla adjunta, corresponde a sus respuestas a la pregunta tres del primer cuestionario de este estudio Delphi. Con el propósito de buscar el consenso, reconsidere aquellos valores que presentan mayor dispersión.

PREGUNTA TRES: Calificar la afectación de los suelos por el factor erosión utilizando la escala numérica del 0 al 10 en cada una de las siguientes situaciones, **a menor afectación mayor calificación**

Afectación de actividades productivas				<a href="#">Ver estadística</a>		
Erosión del suelo (Mg/ha/año)	0-5	5-10	10-50	50-100	100-200	>200
Sus valores	10	9	5	3	2	1
Estadística panel	10	8	6	4	2	1
Diferencia	0	1	1	1	0	1
± 1.5 unidad rango intercuartílico	coincide mediana	dentro rango	dentro rango	dentro rango	coincide mediana	dentro rango
Confirma su 1 <sup>er</sup> valor (SI o NO)						
Asume mediana panel (SI o NO)						
Nuevo valor						

#### INTRUCCIONES PARA RELLENAR ESTA TABLA.

- **Confirma su 1<sup>er</sup> 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:

CLIMA						Ver <a href="#">estadística</a>
Erosión del suelo (Mg/ha/año)	0-5	5-10	10-50	50-100	100-200	>200
Sus valores	X	X	10	6	4	2
Mediana panel	8	9	6	4	3	2
Diferencia	8	9	4	2	1	0
± 1.5 unidad rango intercuartílico	fuera rango	fuera rango	fuera rango	fuera rango	dentro rango	coincide mediana
Confirma su 1 <sup>er</sup> valor (SI o NO)						
Asume mediana panel (SI o NO)						
Nuevo valor						

**INTRUCCIONES PARA RELLENAR ESTA TABLA.**

- **Confirma su 1<sup>er</sup> valor.** En este espacio coloque **SI** para confirmar sus 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:**

<i>Cuerpos de agua</i>						<a href="#">Ver estadística</a>
Erosión del suelo (Mg/ha/año)	0-5	5-10	10-50	50-100	100-200	>200
Sus valores	X	10	8	4	2	1
Mediana panel	9.5	8	7	5	2.5	1
Diferencia	9.5	2	1	1	0.5	0
± 1.5 unidad rango intercuartílico	fuera rango	fuera rango	dentro rango	dentro rango	dentro rango	coincide mediana
Confirma su 1 <sup>er</sup> valor (SI o NO)						
Asume mediana panel (SI o NO)						
Nuevo valor						

**INTRUCCIONES PARA RELLENAR ESTA TABLA.**

- **Confirma su 1<sup>er</sup> valor.** En este espacio coloque **SI** para confirmar sus 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:**

	<i>Paisaje</i>				<u>Ver estadística</u>	
Erosión del suelo (Mg/ha/año)	0-5	5-10	10-50	50-100	100-200	>200
Sus valores	10	8	5	2	0	0
Mediana panel	10	7.5	6	5	2	1
Diferencia	0	0.5	1	3	2	1
± 1.5 unidad rango intercuartílico	<b>coincide mediana</b>	<b>dentro rango</b>	<b>dentro rango</b>	<b>fuera rango</b>	<b>fuera rango</b>	<b>dentro rango</b>
Confirma su 1 <sup>er</sup> valor (SI o NO)						
Asume mediana panel (SI o NO)						
Nuevo valor						

**INTRUCCIONES PARA RELLENAR ESTA TABLA.**

- **Confirma su 1<sup>er</sup> valor.** En este espacio coloque **SI** para confirmar sus 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:**

	Vegetación				<a href="#">Ver estadística</a>	
Erosión del suelo (Mg/ha/año)	0-5	5-10	10-50	50-100	100-200	>200
Sus valores	10	9	8	5	3	1
Mediana panel	8	8	6	4	2.5	1
Diferencia	2	1	2	1	0.5	1
± 1.5 unidad rango intercuartílico	fuera rango	dentro rango	fuera rango	dentro rango	dentro rango	dentro rango
Confirma su 1 <sup>er</sup> valor (SI o NO)						
Asume mediana panel (SI o NO)						
Nuevo valor						

**INTRUCCIONES PARA RELLENAR ESTA TABLA.**

- **Confirma su 1<sup>er</sup> valor.** En este espacio coloque **SI** para confirmar sus 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:**

<i>Fauna</i>				<u>Ver estadística</u>		
Erosión del suelo (Mg/ha/año)	0-5	5-10	10-50	50-100	100-200	>200
Sus valores	X	X	10	6	4	3
Mediana panel	8	8.5	7	6	4	4
Diferencia	8	8.5	3	0	0	1
± 1.5 unidad rango intercuartílico	fuera rango	fuera rango	fuera rango	coincide mediana	coincide mediana	dentro rango
Confirma su 1 <sup>er</sup> valor (SI o NO)						
Asume mediana panel (SI o NO)						
Nuevo valor						

**INTRUCCIONES PARA RELLENAR ESTA TABLA.**

- **Confirma su 1<sup>er</sup> valor.** En este espacio coloque **SI** para confirmar sus 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:**

## ANEXO C ESTADISTICA

### PREGUNTA UNO

*Distribuya 100 puntos entre los siguientes factores del medio ambiente, afectados por la erosión de los suelos producida por efectos hidráulicos, de forma tal que los puntos representen la importancia relativa, que para ustedes tiene cada factor, en cuanto a su contribución a la calidad global del medio ambiente.*

Especialista	FACTORES					
	Afectación actividades productivas	Clima	Cuerpos de agua	Paisajismo	Vegetación	Fauna
	<b>Valoración</b>					
1	20	10	30	5	25	10
2	30	5	25	15	15	10
3	40	10	30	5	10	5
4	0	10	50	10	20	10
5	50	5	15	10	10	10
6	38	2	32	15	8	5
7	40	0	30	10	10	10
8	30	5	30	5	15	15
9	30	5	30	5	20	10
10	30	5	30	5	20	10
11	25	15	20	10	15	15
12	40	5	35	10	5	5
13	25	5	20	20	20	10
14	20	5	30	10	20	15
15	38	2	25	20	10	5
16	30	5	25	15	15	10
	<b>ESTADISTICA PANEL</b>					
Mediana	30	5	30	10	15	10
Primer cuartil	25	5	25	5	10	10
Tercer cuartil	39	7.5	30	12.5	20	10
Rango Intercuartílico	14	2.5	5	7.5	10	0
	SIN CONSENSO	SIN CONSENSO	SIN CONSENSO	SIN CONSENSO	SIN CONSENSO	CON CONSENSO
•	CONSENSO	Rango intercuartílico = < 1.5				
♦	SIN CONSENSO	Rango intercuartílico > 1.5				
					<a href="#">Regresar</a>	

## PREGUNTA DOS

Distribuya 100 puntos entre las zonas del país que a continuación se mencionan, de acuerdo al orden de importancia, en cuanto a la afectación de la calidad ambiental por erosión de los suelos (producida por efectos hidráulicos).

<b>EFFECTOS DE LA EROSIÓN DE LOS SUELOS SOBRE DISTINTAS ZONAS DEL PAIS</b>							
Especialista	Región Bolívar-Amazonas	Delta del Orinoco	Cordillera de la Costa y Región Insular	Región Andina	Región de los Llanos	Región Centro Occidental	Cuenca del Lago de Maracaibo
<b>Valoración</b>							
1	20	5	10	30	5	20	10
2	5	0	20	30	5	20	20
3	30	0	25	25	5	10	5
4	0	10	15	25	20	30	0
5	5	15	25	15	20	10	10
6	5	2	12	36	8	28	9
7	10	0	10	40	0	30	10
8	10	5	20	25	10	20	10
9	20	5	10	20	10	15	20
10	10	0	25	25	10	10	20
11	16	10	16	16	10	16	16
12	7	3	20	30	10	20	10
13	10	4	25	25	10	18	8
14	15	10	15	20	10	15	15
15	4	0	16	28	8	24	20
16	5	10	10	30	5	30	10
<b>ESTADISTICA PANEL</b>							
Mediana	11	5	17	26	9	18	12
Primer cuartil	5	1	11	23	5	15	10
Tercer cuartil	16	10	22.5	30	10	24	16
Rango Intercuartílico	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>11.5</b>	<b>7.5</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>6</b>
	SIN CONSENSO	SIN CONSENSO	SIN CONSENSO	SIN CONSENSO	SIN CONSENSO	SIN CONSENSO	SIN CONSENSO
• <b>CONSENSO</b> Rango intercuartílico = < 1.5 ♦ <b>SIN CONSENSO</b> Rango intercuartílico > 1.5							
<a href="#">Regresar</a>							

### PREGUNTA TRES

Calificar la afectación de los suelos por el factor erosión utilizando la escala numérica del 0 al 10 en cada una de las siguientes situaciones, **a menor afectación mayor calificación.**

<i>Afectación de actividades productivas (Mg/ha/año)</i>						
<b>Especialista</b>	<b>0-5</b>	<b>5-10</b>	<b>10-50</b>	<b>50-100</b>	<b>100-200</b>	<b>&gt;200</b>
1	4					
2	10	9	5	3	2	1
3	10	8	7	5	5	5
4	10					
5	9	8	6	4	1	0
6	10	8	6	3	1	0
7	10	8	5	2	1	1
8	10	10	10	8	6	2
9	10	8	6	4	2	0
10			5			
11	10	10	8	6	4	1
12	0	0.5	1	2	2.5	4
13	0	1	5	6	9	10
14					2	
15	10	10	8	7	3	0
16	10	8	6	4	2	0
<b>ESTADISTICA DEL PANEL</b>						
Mediana	10	8	6	4	2	1
Primer cuartil	9	8	5	3	1.5	0
Tercer cuartil	10	8.8	6.3	5.5	4.5	3
Rango Intercuartílico	1	0.75	1.25	2.5	3	3
● <b>CONSENSO</b> Rango intercuartílico = < 1.5 ♦ <b>SIN CONSENSO</b> Rango intercuartílico > 1.5						
						<i>Regresar</i>

<b>Clima (Mg/ha/año)</b>						
<b>Especialista</b>	<b>0-5</b>	<b>5- 10</b>	<b>10-50</b>	<b>50-100</b>	<b>100-200</b>	<b>&gt;200</b>
1	8					
2	X	X	10	6	4	2
3	10	10	10	9	8	5
4	4					
5	10	9	8	7	4	2
6	10	10	10	9	9	8
7	0	0	0	0	0	0
8	2	2	2	2	0	0
9	2	1	1	0	0	0
10		9				
11	10	10	6	4	2	1
12	0	0	1	2	3	4
13	0	0	0	1	1	2
14	9					
15						
16	10	10	10	9	8	6
<b>ESTADISTICA DEL PANEL</b>						
<b>Mediana</b>	8	9	6	4	3	2
<b>Primer cuartil</b>	2	0.5	1	1.5	0.5	0.5
<b>Tercer cuartil</b>	10	10	10	8	6	4.5
<b>Rango Intercuartílico</b>	8	9.5	9	6.5	5.5	4
• <b>CONSENSO</b> <i>Rango intercuartílico = &lt; 1.5</i> ♦ <b>SIN CONSENSO</b> <i>Rango intercuartílico &gt; 1.5</i>						
						<a href="#"><i>Regresar</i></a>

<i>Cuerpos de agua)</i>						
<b>Especialista</b>	<b>0-5</b>	<b>5- 10</b>	<b>10-50</b>	<b>50-100</b>	<b>100-200</b>	<b>&gt;200</b>
1	0					
2	X	10	8	4	2	1
3	8	6	6	5	5	3
4	8					
5	10	8	7	6	3	1
6	10	8	7	5	2	0
7	10	10	7	5	2	1
8	10	10	8	6	4	2
9	10	7	5	2	0	0
10	2					
11	10	10	8	6	4	1
12	0.5	1	1.5	1.75	2.25	3
13	1	2	6	10	10	10
14						0
15	10	10	10	5	3	1
16	9	8	7	5	2	0
<b>ESTADISTICA DEL PANEL</b>						
<b>Mediana</b>	9.5	8	7	5	2.5	1
<b>Primer cuartil</b>	6.5	6.5	6.3	5	2	0
<b>Tercer cuartil</b>	10	10	7.8	6	4	2.3
<b>Rango Intercuartílico</b>	3.5	3.5	1.5	1	2.0	2.3
● <b>CONSENSO</b> Rango intercuartílico = < 1.5 ◆ <b>SIN CONSENSO</b> Rango intercuartílico > 1.5						
						<i>Regresar</i>

<b>Paisajismo (Mg/ha/año)</b>							
<b>Especialista</b>	<b>0-5</b>	<b>5- 10</b>	<b>10-50</b>	<b>50-100</b>	<b>100-200</b>	<b>&gt;200</b>	
1	10						
2	10	8	5	2	0	0	
3	10	10	8	7	5	3	
4	5						
5	9	8	6	5	3	1	
6	10	10	9	7	5	3	
7	6	5	4	2	1	1	
8	10	10	8	6	2	0	
9	4	3	2	1	0	0	
10				8			
11	10	6	6	4	2	1	
12	0	0	0	1	3	6	
13	1	3	10	10	10	10	
14		7					
15	10	10	8	5	2	0	
16	10	9	8	5	2	1	
<b>ESTADISTICA DEL PANEL</b>							
<b>Mediana</b>	10	7.5	6	5	2	1	
<b>Primer cuartil</b>	5	4.5	4.5	2	1.5	0.5	
<b>Tercer cuartil</b>	10	9.3	8	7	4	3	
<b>Rango Intercuartílico</b>	5	4.75	3.5	5	2.5	2.5	
• <b>CONSENSO</b>	<b>Rango intercuartílico = &lt; 1.5</b>						
♦ <b>SIN CONSENSO</b>	<b>Rango intercuartílico &gt; 1.5</b>						<b><a href="#">Regresar</a></b>

<b>Vegetación (Mg/ha/año)</b>						
<b>Especialista</b>	<b>0-5</b>	<b>5- 10</b>	<b>10-50</b>	<b>50-100</b>	<b>100-200</b>	<b>&gt;200</b>
1	2					
2	10	9	8	5	3	1
3	2	1	0	0	0	0
4	7					
5	9	8	6	5	3	2
6	10	10	9	8	7	5
7	9	8	6	4	2	1
8	8	8	8	4	2	2
9	8	5	3	1	0	0
10	1					
11	10	8	6	4	4	1
12	0	0.5	1	2	2.5	4
13	1	4	10	10	10	10
14				4		
15	10	10	7	4	2	0
16	10	9	8	5	2	1
<b>ESTADISTICA DEL PANEL</b>						
<b>Mediana</b>	8	8	6	4	2.5	1
<b>Primer cuartil</b>	2	5.8	4.5	3.5	2	1
<b>Tercer cuartil</b>	9.8	8.8	8	5	3.8	3
<b>Rango Intercuartílico</b>	7.75	3	3.5	1.5	1.75	2
• <b>CONSENSO</b>	<b>Rango intercuartílico = &lt; 1.5</b>					
♦ <b>SIN CONSENSO</b>	<b>Rango intercuartílico &gt; 1.5</b>					<i>Regresar</i>

<i>Fauna (Mg/ha/año)</i>						
<b>Especialista</b>	<b>0-5</b>	<b>5- 10</b>	<b>10-50</b>	<b>50-100</b>	<b>100-200</b>	<b>&gt;200</b>
1	8					
2	X	X	10	6	4	3
3	10	9	8	8	7	5
4	6					
5	10	9	8	7	6	4
6	10	10	10	9	7	6
7	4	2	1	0	0	0
8	10	10	8	6	2	0
9	6	4	2	0	0	0
10	2					
11	10	8	6	4	4	1
12	0	0	1	2	3	4
13	0	0	0	1	3	6
14			5			
15	10	10	8	3	2	1
16	10	10	9	8	7	6
<b>ESTADISTICA DEL PANEL</b>						
<b>Mediana</b>	8	8.5	7	6	4	4
<b>Primer cuartil</b>	4	2.5	1.8	1.5	2.5	0.5
<b>Tercer cuartil</b>	10	9.8	8.3	7.5	6.5	5.5
<b>Rango Intercuartílico</b>	6	7.25	6.5	6	4	5
• <b>CONSENSO</b>	<b>Rango intercuartílico = &lt; 1.5</b>					
♦ <b>SIN CONSENSO</b>	<b>Rango intercuartílico &gt; 1.5</b>					<i>Regresar</i>