

## **IVAFIC PARA EVALUAR IMPACTO AMBIENTAL EN CUENCAS**

**Ph.D EDGAR RICARDO MONROY VARGAS**

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA**

**Edgar.monroy@ugc.edu.co**

**tel. 3107689127.Colombia**

### **RESUMEN**

Dentro del marco del desarrollo actual de un proyecto de investigación postdoctoral, denominado "calibración del modelo IVAFIC (fase 1)", es importante en primer lugar, destacar los principales antecedentes que rodean la formulación de la nueva metodología para la evaluación cuantitativa del impacto ambiental a nivel de cuenca (Monroy 2010), para posteriormente seguir con el procedimiento de calibración

Como preámbulo, este modelo ha empleado la metodología de la Evaluación del Impacto Ambiental EIA, introduciendo una valoración cuantitativa a nivel de Cuenca Hidrográfica, lo que significa un nuevo aporte en dicho campo del conocimiento, y que hasta ahora, ha sido un problema en la medida que no existe metodología alguna que lo haga a nivel de cuenca.

La aplicación del modelo expuesto en este trabajo denominado IVAFIC, evalúa a través de un modelo matemático y con

la ayuda de herramientas computacionales de Programación Estructurada y de Sistemas de Información Geográfica, el impacto ambiental en una cuenca de forma cuantitativa definido como Factor de Impacto Corregido FIC. .

**PALABRAS CLAVE:** EIA, Evaluación Cuantitativa impacto ambiental, cuenca.

### **I.INTRODUCCIÓN**

El hombre a través de la historia se ha preocupado por conocer el mundo que lo rodea. Dada esa preocupación, los ingenieros han procurado hallar nuevos y novedosos sistemas de interpretación medio ambiental, en la búsqueda de soluciones que posibiliten espacios dignos y calidad de vida al ser humano.

En ese orden de ideas, se ha introducido el reconocido concepto de Evaluación del Impacto Ambiental (EIA), en el cual, se ha avanzado a nivel mundial incluyendo los países en vía de desarrollo.

Con el anterior objeto, se han implantado técnicas y modelos para estimar las implicaciones de la acción antrópica sobre el medio ambiente, ajustándose a medidas de tipo cualitativo, que sin duda, procuran proteger el reconocimiento y generación

de alternativas de solución a las distintas problemáticas que se puedan presentar.

En la actualidad, existen herramientas de tipo tecnológico que permiten ampliar el horizonte cognitivo, con el fin de explorar de una forma concreta conceptos que otrora, se encontraban lejanos a su estudio. Pues bien, ahora resulta más sencillo proyectar verdaderos escenarios de planeación y control sobre la realidad del hombre. Como ejemplo de ello, se manifiestan hoy los Sistemas de Información Geográfica, SIG, así como la Programación Estructurada configurada con el lenguaje propio de MATLAB, entre muchos otros que sin duda, posibilitan el ejercicio de cuantificación, en este caso, del impacto ambiental a nivel de cuenca.

Ahora bien, la formulación de planes de manejo y protección de cuencas, entendida como una política imprescindible dentro del esquema gubernamental de todo país, requiere de la información ambiental que tiene deficiencias en cuanto a su disponibilidad (cantidad). Para salvar la limitación de esta información, se requiere el uso de herramientas que permitan evaluarla, organizarla y generarla de modo rápido y con un grado de confiabilidad aceptable. (Ongay, 1998).

Este trabajo, en concordancia con los argumentos expuestos, expone un modelo sistémico para la evaluación cuantitativa del impacto ambiental a nivel de cuenca denominado IVAFIC ( fase 1), producto del resultado de una tesis doctoral ( Monroy, 2010), con caso de estudio la cuenca del río garagoa en Colombia.

## II.OBJETIVO

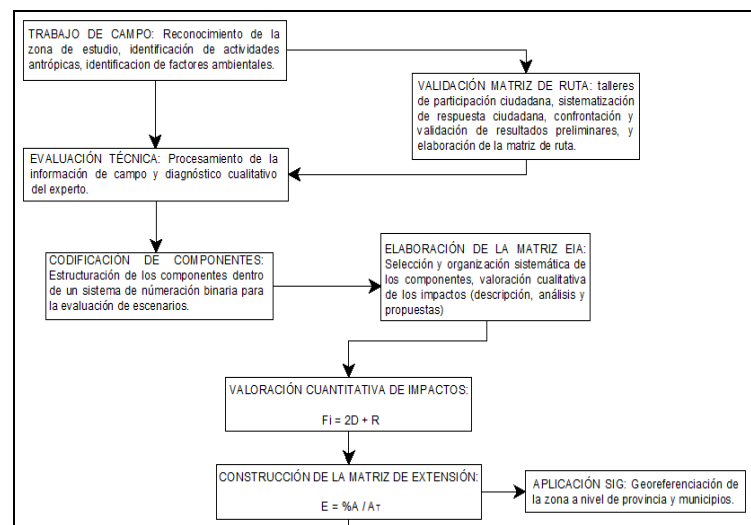
Presentar el modelo denominado IVAFIC ( fase 1 ), el cual evalúa cuantitativamente el impacto ambiental a nivel de cuenca

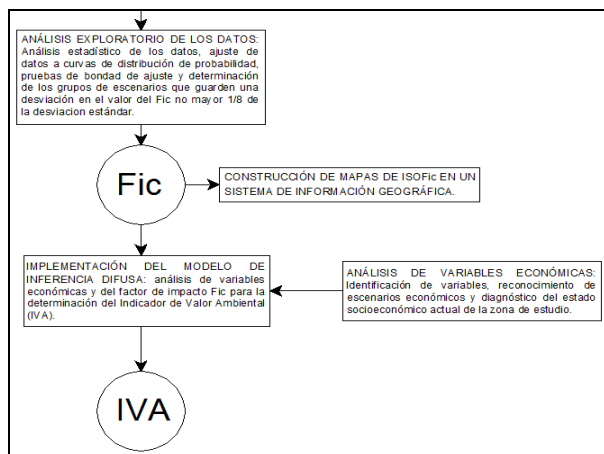
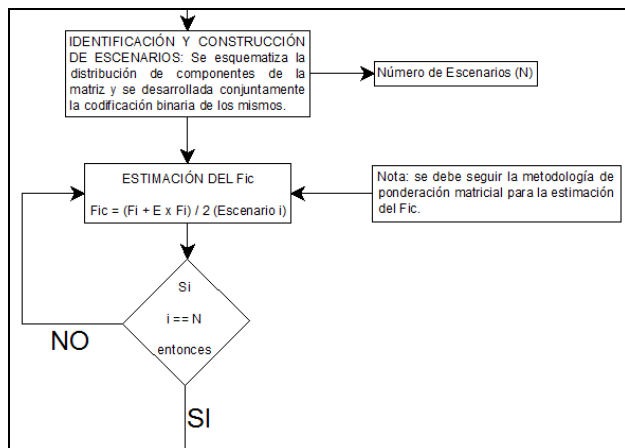
## III.DESARROLLO

### Descripción del modelo IVAFIC

A continuación se muestra el Esquema Conceptual de la metodología IVAFIC planteada.

Figura 3.1. Diagrama de Flujo del Modelo Exploratorio IVAFIC





Fuente: Monroy (2010)

El modelo IVAFIC ( fase 1 ), es un procedimiento sistémico de tipo matemático meta heurístico, fundamentada en una aproximación cualitativa representada en una matriz de evaluación de impacto ambiental EIA , con el objeto de medir o valorar cuantitativamente el impacto producido por las acciones antrópicas en los diferentes factores ambientales que representan el escenario ambiental de una cuenca. Dicha cuantificación, contempla la asignación de tres

atributos como son: la Durabilidad Reversibilidad y Naturaleza, que para la escala de trabajo, correspondiente a una cuenca hidrográfica, resultan significantes en la medida que reflejan el comportamiento dado.

Asociando dicha valoración, a una unidad de área específica, como lo es para éste caso el municipio agrupado a su vez en provincias, resulta interesante determinar un factor de impacto corregido FIC que denota un valor numérico el cual posibilita la interpretación sencilla y rápida de las consecuencias producidas por la acción de una actividad o proyecto a un factor ambiental en un área específica de terreno. De este modo así, a través de la ejecución de una fórmula matemática es posible identificar de manera cuantitativa las acciones de mayor impacto en una cuenca, los factores más altamente impactados y por último el factor de impacto total presentado en una cuenca, utilizando herramientas computacionales que facilitan el ejercicio y a su vez lo hacen amigable para la aplicación de cualquier usuario.

Existen varios modelos de aplicación para elaborar EIA, con sus distintos atributos a evaluar dependiendo a su vez del tipo de acción a desarrollarse. Como se pretende encontrar una valoración cuantitativa a nivel de cuenca, es necesario definir los atributos más relevantes y que a su vez

sean claros y sencillos a efectos de lograr un proceso sistémico.

En este trabajo, se plantea un modelo que considera tres atributos de evaluación que reflejan la Naturaleza, Duración y Reversibilidad de los impactos, a los cuales se les ha asignado una valoración, que se observa en la siguiente tabla:

Tabla 3.1. Valoración de atributos.

ATRIBUTO	VALORACIÓN	DEFINICIÓN
Duración (D)		Se refiere al tiempo que, supuestamente, el efecto permanecerá.
Temporario	2	Cuando los efectos permanecen por un periodo de tiempo después de la conclusión de la acción que los generó.
Permanente	4	Cuando, una vez ejecutada la acción, los efectos no cesan de manifestarse en un horizonte temporal conocido.
Reversibilidad (R)		Cuando es posible revertir la tendencia, teniéndose en cuenta la aplicación de medidas para la reparación del mismo, o la suspensión de la actividad generadora.
Reversible	1	Cuando, cesado el origen o controlado el impacto, el medio impactado puede volver a su condición original.
Irreversible	4	Cuando, cesada la causa controlado el impacto, el medio impactado no retorna a su condición original.
Naturaleza (N)		
Positiva	+	Cuando el impacto es benéfico, ósea cuando una acción resulta una mejoría de la calidad ambiental.

ATRIBUTO	VALORACIÓN	DEFINICIÓN
Negativa	-	Cuando la acción resulta en un daño a calidad de un factor o parámetro ambiental.

Fuente ( Monroy 2010)

La magnitud del impacto denominado en este trabajo como Factor de impacto, está apoyada en la expresiones dadas por Lázaro Lago Pérez que contempla diversos atributos y evalúa cuantitativamente los mismos a través de una expresión matemática que concluye en lo que él denomina Importancia del Efecto, y Gundysalvo Morales en su trabajo de tesis doctoral de la Universidad Federal de Pará en Brasil año 2000, de la misma manera estima el denominado Importancia de impacto en función de la Intensidad, Efecto, Extensión, Temporalidad, Duración y Reversibilidad, mostrados en el capítulo II de éste trabajo.

Con el ánimo de buscar practicidad en el desarrollo de un modelo descriptor denominado en este trabajo como Factor de Impacto, y teniendo en cuenta el orden de magnitud que representa evaluar toda una cuenca, se ha definido una expresión matemática que pondera los atributos de acuerdo a su importancia y significado, así:

$$F_i = 2D + R \quad (3.1)$$

Donde:

Fi = Factor de Impacto

D = Duración

R = Reversibilidad

Nota: El signo de  $F_i$ , está dado según el atributo de Naturaleza.

La importancia o factor de impacto tendrá las siguientes fajas de valores:

Tabla 3.2. Clasificación de los Impactos

Definición	Valor +/-
Temporario - Reversible	5
Temporario - Irreversible	8
Permanente - Reversible	9
Permanente - Irreversible	12

Fuente: (Monroy 2010)

Debe entenderse que la faja de valores puede ser negativa, si el impacto es negativo, o positiva de ser positivo el impacto.

Una vez elaborada la matriz EIA (cualitativo), se procede a realizar la valoración, con base en los atributos mostrados en la Tabla 2 de cada uno de los factores de impacto asociados a las actividades y factores ambientales de la cuenca. Esta labor se desarrolla con el respaldo de los técnicos expertos en cada una de las áreas y que reconocen el escenario ambiental como quiera que su ejercicio profesional se desenvuelve en este ámbito como trabajadores de las corporaciones autónomas regionales presentes en la zona de estudio: Corpoboyacá y Corpochivor.

Esta cuantificación se efectúa a través de una hoja de cálculo con la ayuda de la herramienta MS Excel

Una vez efectuada esta tarea, se propone optimizar el procedimiento por intermedio de la herramienta de cálculo matemático MATLAB, para lo cual se exporta desde la hoja de cálculo que

contiene la EIA y que a su vez tiene asignado para cada color un valor de FI conforme a la Ecuación 0 FI así:

Tabla 3.3 Valoración de impactos para exportar a MATLAB.

DESCRIPCIÓN IMPACTO	COLOR	FI
IMPACTO NEGATIVO IRREVERSIBLE	Red	-12
IMPACTO NEGATIVO PERMANENTE	Magenta	-9
IMPACTO NEGATIVO TEMPORARIO	Red	-5
IMPACTO POSITIVO PERMANENTE	Dark Green	9
IMPACTO POSITIVO TEMPORARIO	Blue	5
IMPACTO CON MEDIDA MITIGADORA	Yellow	5

Fuente: (Monroy 2010)

$$F_i = \sum_{i=1}^2 w_i \times F_{i_i} \quad i = \left\{ \begin{array}{l} 1 = \text{Componentes por fila} \\ 2 = \text{Componente por columna} \end{array} \right\} \quad (3.2)$$

Donde:

$$W_i = \frac{\text{Numero de componentes por fila o por columna sectorial}}{\text{Numero total de componentes sectoriales}} \quad (3.3) \quad F_i = \sum_{i=1}^n w_i \times F_{i_i} \quad i = \begin{cases} 1 = \text{Componentes por fila} \\ 2 = \text{Componente por columna} \end{cases} \quad (3.4)$$

(3.4)

Donde:

Los valores totales de FI correspondientes a la incidencia de todas las acciones a un factor específico (sentido horizontal) o también la implicación de una actividad a todos los factores ambientales (sentido vertical), resultan del cálculo del promedio aritmético de los valores parciales ponderados, lo que desde el punto de vista procedimental requiere de un gran consumo operacional dada la cantidad de variables o de componentes que conforman la matriz de impacto

$$W_i = \frac{\text{Numero de componentes por fila o por columna de la matriz de impacto}}{\text{Numero total de componentes de la matriz de impacto}}$$

$F_{i_i} = \text{Factor de impacto ponderado por componentes sectoriales}$

(3.5)

El factor de impacto total de la cuenca, mencionado anteriormente, se calcula realizando un promedio ponderado en virtud a la existencia de dos valores de FI totales (horizontal y vertical). Este promedio con el ánimo de establecer un valor ponderado se sugiere establecer algunos pesos basados en el número de componentes que se introducen en el análisis de la matriz de impacto, es decir, la existencia del mayor número de actividades obtendrá mayor primacía en la valoración final. La ecuación que responde al factor de impacto ponderado (total):

Ha de manifestarse a partir de lo anterior, las bondades que presta la utilización de una herramienta de cálculo matemático MATLAB, como quiera que las múltiples iteraciones y combinaciones para la obtención de los FI parcial y total, en una hoja de cálculo resultaría extremadamente dispendioso.

En ese orden de ideas, estos promedios se calculan algebraicamente lo cual implica tener valores dentro de la faja definida en la 0 y que se pueden explicar y detallar de la siguiente manera, conforme al criterio del evaluador y tomando como referencia Lázaro Lago Pérez (1998) así:

Tabla 3.4 Valoración de los Impactos

FACTOR DE IMPACTO	VALORACIÓN +/-	DEFINICIÓN
BAJO	0 - 5	Temporario menor a 2 años – reversible
MEDIO – BAJO	5 - 8	Temporario de 2 a 4 años – reversible
MEDIO	8 - 9	Temporario de 4 a 6 años – reversible
MEDIO – ALTO	9 - 11	Permanente mayor a 6 años – reversible
ALTO	11 - 12	Permanente mayor a 6 años – irreversible

Fuente ( Monroy 2010)

El rango definido en la tabla en relación con el número de años aparte de soportarse en un concepto técnico, también lo hace desde un intangible administrativo que corresponde al tiempo utilizado por las administraciones ambientales para generar y aplicar los planes de manejo y protección ambiental. Normalmente estos periodos son trianuales (República de Colombia Ley 99 de 1993), y en ese sentido las políticas derivadas de la formulación de un Plan ambiental adquieren sentido y responsabilidad en el lapso máximo de dos periodos.

## INTERACCIÓN MATLAB – EXCEL

El programa se conforma por un núcleo central que llama a la subrutina principal

de cálculo, y a su vez se podrá indicar la ruta donde se localizan los archivos o base de datos para analizar.

Para poder visualizar esta pantalla inicial se requiere en primera instancia haber cargado en MS Excel las tres matrices de información de entrada, la cuales son:

- ❖ La matriz en policromía.
- ❖ La matriz indicadora de los saltos entre factores de análisis. Esta matriz debe ser almacenada en un archivo de extensión xls, en la cual se mostrará los índices de las celdas donde se agrupan los subfactores que intervienen en el análisis.
- ❖ La matriz indicadora de los saltos entre las actividades de análisis. Esta matriz debe ser almacenada en un archivo de extensión xls, en la cual se mostrará los índices de las celdas donde se agrupan las subactividades que intervienen en el análisis.

## ENTRADA AL PROGRAMA EIA

El menú principal comprende dos elementos principales implicados en el procesamiento sistemático; en el primer elemento se aborda la importación de datos desde MS Excel a MATLAB y el segundo elemento la ejecución del algoritmo de cálculo de la matriz de impacto y sus resultados derivados.

Figura 3.2 Entrada de datos

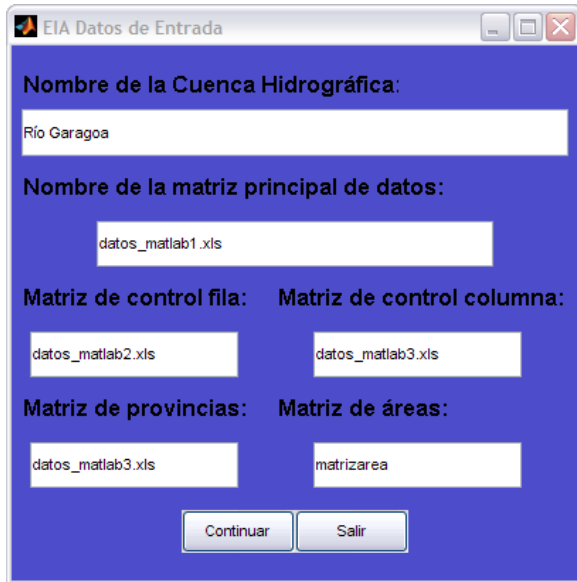
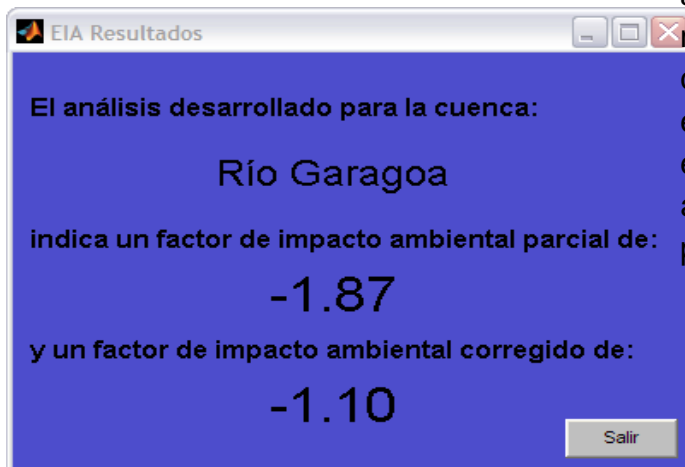


Figura 3.3 Presentación de resultado del análisis



## FACTOR DE EXTENSIÓN

Ahora bien, es posible identificar un factor de corrección correspondiente al área de aplicación del impacto, el cual llamaremos E, como factor de extensión. Este factor aplicará para la cuantificación de actividades o proyectos totales conforme a su

afectación al componente global o factor ambiental global.

En aras de unificar argumentos generales, se ha seleccionado como unidad de área El Municipio como quiera que se hace más sencilla su valoración cualitativa en el momento del desarrollo de la matriz EIA, el cual a su vez se puede asociar en una unidad que dada la magnitud de una cuenca resulta ventajoso y no menos importante como lo es la PROVINCIA, entendida como una entidad local con personalidad jurídica propia, determinada por la agrupación de municipios y división territorial para el cumplimiento de las actividades del Estado. Iniciado el modelo de cuantificación, este factor de corrección denominado de Extensión E, está asociado a un valor numérico expresado como la relación entre el área de los municipios asociados en provincias/área total cuenca.

$$E = \left( \frac{\text{Área provincia}}{\text{Área total cuenca}} \right) \quad (3.6)$$

en todo caso la suma de todo los E es igual a 1.0

$$E_c = E \times \% \text{ Área} \quad (3.7)$$

Donde el % de Área indica la cantidad de porción de E que efectivamente es



impactada de la provincia y  $E_c$  corresponde al factor de extensión corregido.

Este factor  $E_c$  tendrá un rango entre 0 y 1, el cual se explica en la siguiente tabla:

Tabla 3.5 Definición de  $E_c$

Definición	Intervalo [ )
Afectación en área de hasta el 10% de la Cuenca	0 – 0,1
Afectación en área de hasta el 20% de la Cuenca	0.1 - 0.2
Afectación en área de hasta el 30% de la Cuenca	0.2-0.3
Afectación en área de hasta el 40% de la Cuenca	0.3-0.4
Afectación en área de hasta el 50% de la Cuenca	0.4-0.5
Afectación en área de hasta el 60% de la Cuenca	0.5-0.6
Afectación en área de hasta el 70% de la Cuenca	0.6-0.7
Afectación en área de hasta el 80% de la Cuenca	0.7-0.8
Afectación en área de hasta el	0.8-0.9

Definición	Intervalo [ )
90% de la Cuenca	
Afectación en área de hasta el 100% de la Cuenca Alta	0.9- 1.0

Fuente ( Monroy 2010)

Hasta ahora tenemos estimado un factor de impacto asociado a componentes ambientales y acciones antrópicas y de otro lado su afectación expresada en términos de área de la cuenca, lo cual permite identificar en el espacio los distintos impactos ambientales. Surge el cuestionamiento en el sentido de estimar que resulta más importante: si el factor de impacto o el factor de área, puesto que al operar un factor de impacto bajo con un factor de área alto, explicaría un bajo impacto asociado a una gran área, o por el contrario, un factor de impacto alto operado con un factor de área bajo, que correspondería a un alto impacto asociado a un área baja. De cualquier modo, se puede entender que para todo FI existe un  $E_c$  y viceversa, de tal suerte que podríamos encontrar una expresión así:

$$F_{ic} = \left( \frac{f_i + E_c \times f_i}{2} \right)$$

(3.8)

Donde:

Fic = factor de impacto corregido

Ec = factor de extensión corregido

Fi = factor de impacto

Las fajas de valores para FIC , de acuerdo a la expresión anterior son :

Tabla 3.6 Clasificación de los Impactos fic

Definición	Intervalo + - [ )
Bajo	0 – 5
Bajo - Medio	5 – 8
Medio	8 – 9
Medio - Alto	9 – 11
Alto	11 - 12

Fuente ( Monroy 2010)

En esta escala se puede apreciar la vinculación que tiene el valor del impacto con un área determinada, logrando de esta manera aproximar de forma más sensible la afectación en toda la extensión de la cuenca. En comparación con la tabla de Fi, aquí hemos considerado que a todo factor de impacto le está asociado un área y por lo tanto la medida calculada como FIC está más cercana a la real afectación de una acción a un determinado componente ambiental en un espacio territorial.

A efectos de procurar agilidad en el desarrollo de los cálculos para el Fic, se

procede a elaborar una matriz de extensión Ec para cada provincia, la cual describe el área de afectación de una actividad sobre un factor ambiental. Esta matriz ha de construirse en una hoja de cálculo que posteriormente se exporta a la herramienta de cálculo matemático MATLAB, siguiendo el mismo procedimiento desarrollado para el cálculo del Fi

### INTERACION SIG – IVAFIC ( fase 1 )

Para el desarrollo de este trabajo se ha georeferenciado la zona de estudio. A su vez, la cuenca se ha dividido en unidades administrativas denominadas provincias con el objeto de visualizar espacialmente los distintos impactos ambientales en sus diferentes factores ambientales acusados por la actividad antrópica de la zona. De la multiplicidad de cartografía que se puede generar a partir de este estudio se ha querido distinguir cuales de las provincias son las más altamente afectadas para cada uno de los factores ambientales por todas las acciones, resultantes del escenario reconocido como altamente probable del ejercicio del análisis de sensibilidad.

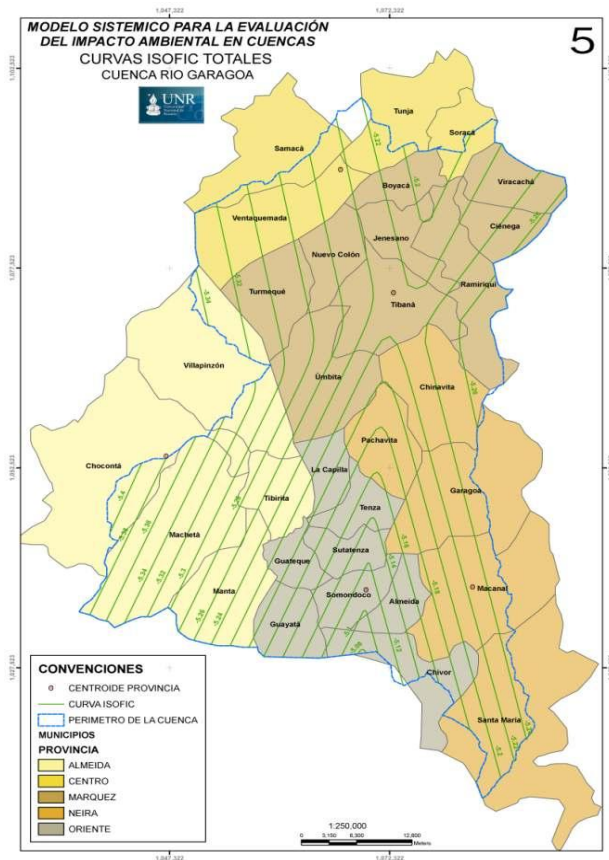


Figura 3.4 Mapa de ISO-FIC cuenca río Garagoa.

Fuente (Monroy 2010)

### Estadística descriptiva de los resultados.

Para la curva de frecuencias de FI: una vez practicadas las pruebas de ajuste no paramétricas puede observarse que, la curva de frecuencia dada FI se ajusta mejor a una distribución normal, toda vez, que el mayor porcentaje de probabilidad, 18.86% de rechazo de la hipótesis nula se dio para este tipo de distribución por lo cual se adopta esta distribución como la particular de los datos de estudios.

Para la curva de frecuencias de FIC: una vez practicadas las pruebas de ajuste no paramétricas podemos observar que la curva de frecuencia dada FIC se ajusta mejor a una distribución Log-normal, toda vez, que el mayor porcentaje de probabilidad, 41.95% de rechazo de la hipótesis nula se dio para este tipo de distribución por lo cual se adopta esta distribución como la particular de los datos de estudios.

Vale la pena destacar que, los factores de área producen una perturbación estadística en la distribución de los datos de FI de tal forma que la estructura matemática operacional para la determinación del FIC ha transitado los datos de una distribución normal a una log normal.

Puede verificarse en los ajustes de distribución normal y log-normal adoptados, que el dato de simetría para FI de 0.386 y 0.308 para FIC, son positivos lo que nos conduce a interpretar que existe un sesgo hacia la izquierda en la forma como se distribuyen los datos es decir, está positivamente sesgada y la tendencia de los datos se direcciona hacia los valores más pequeños.

La curtosis definida también como puntiagudez, (Levin y Levin, 1999), para

este análisis nos arroja un valor tendiente a cero, lo que nos lleva a definir la curva como platocúrtica (plana). Para el escenario de estudio y siguiendo el teorema del límite central a medida que se aumenta el tamaño de la muestra la distribución de las medias de la muestra se acerca a una distribución normal con media de -1.963 y desviación estándar de 0.131.

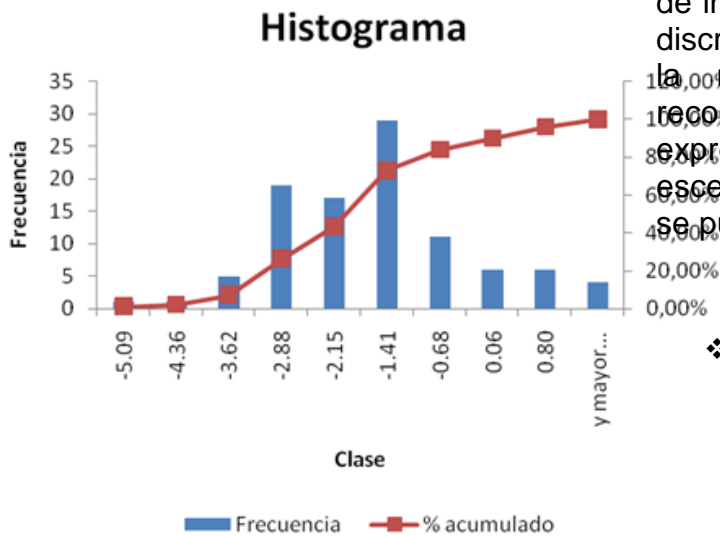


Figura 3.5 Histograma

Fuente(Monroy 2010)

### Indicador del nivel de confianza para FIC y FI

Hecho el análisis estadístico para los datos de FI y FIC, puede observarse cómo, al presentarse un comportamiento de distribución normal, el valor de la media corresponde al resultado que más se aproxima al comportamiento general y real. En ese orden de ideas, el valor de FI y FIC respectivamente son -1.96 y -1.928. En el apartado siguiente se mostrarán los escenarios para FIC que, se aproximan con un nivel de confianza del 95% del

valor dado por la media correspondiente a FIC igual a -1.928

### Escenarios Finales de análisis

Teniendo en cuenta la caracterización estadística hecha en secciones anteriores, y aprovechando la aproximación que se tiene de la matriz de impactos a una Distribución Normal, discriminando la perturbación dada por la matriz de extensión Ec, se recomienda en el grado de confiabilidad expresado, la utilización de 14 escenarios para FI y FIC entre los que se pueden destacar:

#### ❖ Escenario 1.

Factores: Hidrometeorológicos, del Ecosistema, de Biodiversidad, Demográficos, Socioculturales, del Paisaje, Históricos.

Actividades: Infraestructura vial, Obras de acueducto, Calderas de alfarería, Mataderos, Hidroeléctrica, industrias avícolas.

#### ❖ Escenario 2.

Factores: Hidrometeorológicos, del Ecosistema, de Biodiversidad, Demográficos, Socioculturales, del Paisaje, Históricos.

Actividades: Infraestructura vial, Obras de acueducto, Obras de alcantarillado, Infraestructura eléctrica, Sistemas de riego, Edificaciones, Calderas de alfarería, Mataderos, Disposición de basuras. Hidroeléctrica, Agroindustria, Industrias avícolas. Industrias porcícolas, Proyectos de minería, Educación, Salud, Proyectos de comercio, Cultura recreación y turismo, Seguridad ciudadana.

❖ **Escenario 3.**

Factores: del Ecosistema, de Biodiversidad, Demográficos, Económicos, Socioculturales, Históricos.

Actividades: Obras de acueducto, Sistemas de riego, Mataderos, Agroindustria, Industrias avícolas. Industrias porcícolas, Proyectos de minería, Educación.

❖ **Escenario 4.**

Factores: Suelo, del Ecosistema, de Biodiversidad, Demográficos, Económicos, del paisaje.

Actividades: Obras de acueducto, Obras de alcantarillado, Infraestructura eléctrica, Sistemas de riego, Calderas de alfarería, Industrias avícolas, Educación.

❖ **Escenario 5.**

Factores: Geosféricos, Hidrometeorológicos, del Ecosistema, de Biodiversidad, Económicos, del Paisaje, Históricos.

Actividades: Infraestructura vial, Obras de acueducto, Obras de alcantarillado, Infraestructura eléctrica, Sistemas de riego, Edificaciones, Calderas de alfarería, Mataderos, Disposición de basuras. Hidroeléctrica, Agroindustria, Industrias avícolas. Industrias porcícolas, Proyectos de minería, Educación, Salud, Proyectos de comercio, Cultura recreación y turismo, Seguridad ciudadana.

❖ **Escenario 6.**

Factores: Geosféricos, del Ecosistema, de Biodiversidad, Demográficos, Históricos.

Actividades: Obras de alcantarillado, Infraestructura eléctrica, Disposición de basuras. Hidroeléctrica, Industrias avícolas, Proyectos de minería.

❖ **Escenario: 13**

Factores: Hidrometeorológicos, del Ecosistema, de Biodiversidad, Demográficos, Socioculturales, del Paisaje, Históricos.

Actividades: Obras de acueducto, Obras de alcantarillado, Mataderos, Disposición de basuras, Agroindustria, Industrias porcícolas.

❖ **Escenario: 14**

Factores: Geosféricos, Hidrometeorológicos, suelo, del Ecosistema, de Biodiversidad, Demográficos, Económicos, Socioculturales, del Paisaje, Históricos. Hidrológicos y de calidad del agua, Calidad de aire y la atmósfera, de Salud.

Actividades: Obras de alcantarillado, Infraestructura eléctrica, Disposición de basuras. Hidroeléctrica, Industrias avícolas, Proyectos de minería.

**IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En consideración a que el modelo planteado como IVAFIC es de tipo Meta Heurístico, es fundamental que el trabajo de campo para la elaboración de la EIA, surta un desarrollo serio y dedicado que asocie la partición de

expertos, trabajo de campo y participación ciudadana, toda vez que es a partir de esta matriz que se integra o parte el modelo planteado, siendo esta evaluación cualitativa inicial, el sustento de validación de los resultados numéricos que se obtengan del desarrollo del modelo.

De otro lado, los atributos de cuantificación dados por el autor, responden a los interrogantes necesarios que al nivel de escala trabajado como lo es el de una Cuenca resulta suficiente, surgen en el sentido de valorar la naturaleza, durabilidad y reversibilidad de un impacto, que para los efectos de la formulación de un Plan de Manejo y Protección de Cuencas, constituyen un elemento de partida que diagnostica, aproximando a un orden de magnitud, el estado en el que se puede encontrar una Cuenca.

Debe reconocerse que la aplicación del modelo es permisiva para cualquier tipo de Cuenca, toda vez que el modelo planteado, no limita la cantidad de actividades y factores a evaluar, que indiscutiblemente pueden variar de una Cuenca a otra.

Realizar el ejercicio de evaluación a través del modelo sistémico propuesto, sin una herramienta de tipo computacional estructural como, sin duda entorpecería la aplicación del

mismo para el usuario final, toda vez que la cantidad de información y operaciones a realizar que pueden extraerse para la Evaluación del Impacto de una Cuenca, puede ser tan extensa, que el desarrollo entraría en una fase de error, extralimitación de tiempo, costos y demás; situación compleja, que con esta propuesta se reduce ostensiblemente, convirtiéndose así, en un modelo ágil, útil, confiable, sistémico, económico y de sencillo manejo.

El citado modelo IVAFIC en su fase 1, puede extraerse para evaluar impactos ambientales a niveles más pequeños, ya sea de proyecto y extensión de área, e igualmente, la variable tiempo no es problema en la medida que pueden obtenerse valores de FIC actuales y futuros, desarrollándolos independientemente.

La calibración del modelo IVAFIC, en su fase 1, correspondiente a la obtención del factor de impacto corregido FIC, a través del análisis de sensibilidad que requirió la modelación de cientos de escenarios probables para la Cuenca de Estudio, que a su vez pueden ser escenarios equivalentes a otra Cuenca, arrojaron después de hacer el análisis estadístico, una aproximación a una Distribución Normal, lo que sustenta un ejercicio aún más sencillo y dinámico, en virtud de la propuesta de escenarios de matriz EIA a evaluar, que pueden

conducirnos a estimar un valor en orden de magnitud confiable de FIC para una Cuenca.

El modelo propuesto resulta bondadoso a partir de la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica, en la medida que se puede generar un mapa de valores parciales o totales de FIC a nivel de Municipio, lo que favorece adoptar decisiones de tipo político, administrativo, económico, y ambiental a nivel local, cuando hay ausencia de información y/o se carece del capital para generar un estudio de esta envergadura



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

### V. BIBLIOGRAFÍA

- [1.] Monroy, Ricardo. 2010. Tesis Doctoral. Universidad nacional de Rosario. Argentina
- [2.] CORPOBOYACÁ. 2004. Plan de Gestión Ambiental Regional PGAR 2001-2006. Documento electrónico. Tomado de <http://www.corpoboyaca.gov.co/infoNoticia.asp?IdNot=18&IdCatmostrar=18>. Junio de 2004.
- [3.] CORPOCHIVOR. 2000. Caracterización de humedales y lagunas del Macizo de Bijagual. CORPOCHIVOR, Programa Ecosistemas estratégicos - Consultor Nelson Vélez. Contrato 131-99.
- [4.] CORPOCHIVOR. 2002. Diagnóstico y evaluación de las actividades y creencias en la comunidad frente al uso, conservación y disposición del recurso hídrico en los municipios de Guateque, Guayatá, Somondoco y Sutatenza. Informe final. CORPOCHIVOR – Consultora Claudia Inés Bonilla. Contrato 113-01. 179pp.
- [5.] CORPOCHIVOR. 2004. Plan de Gestión Ambiental Regional PGAR 2001-2006. Documento electrónico. Tomado de: <http://www.corpochivor.gov.co/pgar.htm>. Marzo de 2004.
- [6.] Ongay Enrique y Buroz Castillo Eduardo. 1998. La gestión ambiental: marco de referencia para las evaluaciones de impacto ambiental. Editorial fundación polar. Caracas Venezuela.
- [7.] Paez, J.C. 1996. Introducción a la Evaluación de Impacto Ambiental. CAAM, Ecuador





## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

**ISBN: 978-607-95635**

- [8.] Pardo Buendía Mercedes. 1997. Evaluación del Impacto Ambiental y social para el Siglo XXI: Teorías, procesos, metodología.
- [9.] Parfit M. 1993. Pollution: Troubled waters run deep. National Geographic Special Edition.
- [10.] Patridge, William. 1994. Participación Popular en Evaluación Ambiental en América Latina. Nota de Divulgación Nº 11. Departamento Técnico para América Latina, Banco Mundial, Washington D. C.
- [11.] Pouey, N. 1998. Erosión hídrica en cursos de llanura sobre lechos cohesivos. UNR editora. <http://www.unesco.org.uy/phi/libros/erosion/>.
- [12.] Pouey, N. and M. Portapila. 1995. Contribution to “Integrated River Basin Development”. Ed. Wiley. Wallingford. England.
- [13.] Pouey, N. and M. Portapila. 1995. “Environmental Impact Evaluation Model for Dredging Activities.” Fourteenth World Dredging Congress. Proceeding WODA Amsterdam.
- [14.] Pouey, N. E. 1997. “Erosión hídrica en suelos cohesivos”. Tesis Doctoral. FCEIA. Universidad Nacional de Rosario. Argentina.
- [15.] Pouey Nora, Portapila Margarita. 1999. An environmental impact assessment matrix model for embankments in flatland landscapes. Journal of Environmental hydrology, 7.
- [16.] Jouravlev A. (2000) “Administración del agua en América Latina y el Caribe en el umbral del siglo XXI” serie Recursos naturales e infraestructura, Nº 27 (LC/L.1564-P), Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Publicación de las Naciones Unidas.
- [17.] Jordán, J.M. 1992. Evaluación del Impacto Ambiental. EIA. Valparaíso, Chile.
- [18.] J. Gordon Milliken. 1989. Water Resources management in arid climates. Milliken Chapman Research Group, Inc. Littleton, Colorado, U.S.A.
- [19.] Kiely Gerard. 1999. Ingeniera ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión, volumen III. Editorial Mc Graw Hill.
- [20.] Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos / Comisión Nacional del Medio Ambiente. 1993. Principios de Evaluación de Impacto Ambiental. AlfaBeta Impresores. Santiago, Chile.
- [21.] Aguiló M., Ramos, A. 1991. Directrices y Técnicas para la Estimación de Impactos. Universidad Politécnica de Madrid, España.



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

**ISBN: 978-607-95635**

- [22.] Aguiló, M., et al. 1991. Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico: Contenidos y metodologías. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Tercera edición. Madrid.
  
- [23.] Ascher, W. 1992. Coping with the Disappointing Rates of Return on Development Projects that Affect the Environment. World Bank, Washington, D.C.
  
- [24.] Afonso Lopes Paulo. 2000. Probabilidad y estadística. Editorial Prentice Hall Segunda Edición.



CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE INVESTIGACION  
E INNOVACION  
DOSMILDIECISEIS



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”  
Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635



**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”**  
Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

**ISBN: 978-607-95635**