

# DETERMINACIÓN DE INDICADORES FÍSICO NATURALES EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO UNARE Y SU RELACIÓN CON EL CAMBIO CLIMÁTICO

## DETERMINATION OF NATURAL PHYSICAL INDICATORS IN THE MIDDLE OF THE RIVER BASIN UNARE AND ITS RELATION TO CLIMATE CHANGE.

Romero F Antonio<sup>1</sup>, Márquez Adriana<sup>2</sup>, Díaz Esmeya<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Ediagro, Fundación La Salle de Ciencias Naturales.

<sup>2</sup> Ciham, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo.

<sup>3</sup> Infaces, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Universidad de Carabobo

Correo electrónico: [antoniojrf@cantv.net](mailto:antoniojrf@cantv.net), Telf. 04265422544

Recibido: 17-02-2012 Aceptado: 16-04-2012

### RESUMEN

La Gestión Integral de cuencas requiere la identificación de sus componentes, conocer los cambios o impactos que sobre ellos se generan y establecer las acciones o respuestas que las comunidades y el gobierno local deben desarrollar para garantizar su sustentabilidad. Para ello previamente se determinaron las dimensiones o componentes siendo seleccionados los siguientes: 1. Físico natural o ecológica 2. Sociocultural 3. Científico tecnológico 4. Institucional y 5. Económico. Para luego, definir los indicadores de cada dimensión y determinar con base a los mismos el nivel de sustentabilidad. Por otra parte, el cambio climático es una realidad ineludible. Los estudios previos realizados en el país indican un incremento de la superficie de riesgo de desertificación, una menor disponibilidad total anual climática de agua y un incremento de la temperatura promedio. Con base a lo anterior, la presente investigación tiene como propósito describir el proceso de determinación de los indicadores de la dimensión físico- natural concretamente en la cuenca media del río Unare, sub-cuenca Taquima, Edo. Anzoátegui y la influencia del cambio climático sobre los mismos. Se obtuvieron los siguientes indicadores con sus respectivos valores: cobertura vegetal: 2.004,40 ha, esorrentía promedio: 1.126 m<sup>3</sup>/s, superficie cultivada: 11.743,34 ha, y un Índice de Desarrollo Sostenible de: 0,34. Evidenciándose que el estado de sustentabilidad es Crítico. Por tanto, la sub-cuenca Taquima sería seriamente afectada por el cambio climático haciendo inviable cualquier plan de desarrollo sustentable, a menos que se tomen medidas urgentes de mitigación y/o de adaptación sobre todo para el sector agrícola, y se desarrollen planes de cogestión de las áreas críticas de conservación identificadas previamente, también se puede concluir que los indicadores seleccionados para la dimensión físico natural en el marco de la Gestión Integral de Cuencas resultan un instrumento útil para la gestión ambiental.

**Palabras clave:** Indicadores, cambio climático, sustentabilidad, Gestión Integral de Cuencas

## SUMMARY

The integrated river basin management requires identifying its components, make changes or impacts on them are generated and determine actions or responses that communities and local government should be developed to ensure its sustainability. This previously determined dimensions or components being selected as follows: 1 Natural or ecological Physical 2 Sociocultural 3 Scientific technology 4 Institutional and 5 Economic. For then, define the indicators for each dimension and determine them based on the level of sustainability. Moreover, climate change is an inescapable reality. Previous studies in the country indicate an increased risk of desertification surface, a lower total annual water climate and an increase in average temperature. Based on the above, the present study is to describe the process of identifying indicators of natural physical dimension specifically in the middle of the river basin Unare Taquima sub watershed, Edo. Anzoátegui and the influence of climate change on them. We obtained the following indicators with their respective values: vegetation: 2004.40 ha, average runoff: 1,126 m<sup>3</sup> / s, cultivated area: 11,743.34 ha, and a Sustainable Development Index: 0.34. Proving the state of sustainability is critical. Therefore, the sub-basin Taquima be seriously affected by climate change by making unfeasible any sustainable development plan, unless urgent action is taken to mitigate and / or adapted primarily for the agricultural sector, and develop co-management plans of critical conservation areas identified above, can also be concluded that the selected indicators for natural physical dimension under Integrated Watershed Management are a useful tool for environmental management.

**Keywords:** Indicators, climate change, sustainability, Integrated Watershed Management.

## 1.- INTRODUCCIÓN

La Gestión Integral de cuencas requiere la identificación de sus componentes, conocer los cambios o impactos que sobre ellos se generan y establecer las acciones o respuestas que las comunidades y el gobierno local deben desarrollar para garantizar su sustentabilidad. Para ello el proyecto de investigación en red “Gestión Integral de Cuencas con un enfoque Participativo, casos ríos Pao y Unare” en el que se enmarca a su vez la presente investigación empleó la metodología de juicio de expertos (Flores M. et al <sup>5</sup>, 2011), siendo las dimensiones o componentes seleccionados los siguientes: 1. Físico natural o ecológica 2. Sociocultural 3. Científico tecnológico 4. Institucional y 5. Económico.

Como siguiente paso se definieron los indicadores para cada dimensión. En este caso particular los referidos a la dimensión físico natural y entendiéndolo como **Indicador ambiental**: *“una variable que ha sido socialmente dotada de un significado añadido al*

*derivado de su propia configuración científica, con el fin de reflejar de forma sintética una preocupación social con respecto al medio ambiente e insertarla coherentemente en el proceso de toma de decisiones”.* (Ministerio de Medio Ambiente (1996) citado en Aguirre 2005).

Por otra parte, el cambio climático es una realidad ineludible y los países más afectados van a ser los que se ubican en las regiones tropicales y sub-tropicales (Rodríguez, A. 2007); Venezuela se ubica en esa región y de allí que surge la necesidad de estudiar con más detalle los efectos del mismo en el país. En ese sentido los estudios de Martelo, M. (2004) y del Instituto de Investigaciones Agropecuarias apuntan en esa dirección (2005). Aunado a este problema se debe considerar entonces cuales serían los efectos o influencias del cambio climático sobre los indicadores físico- naturales o ambientales.

Con base a lo anterior, la presente investigación tiene como propósito describir el proceso de determinación de los indicadores de la dimensión físico- natural concretamente en cuenca media del río Unare, Edo. Anzoátegui y la influencia del cambio climático sobre los mismos.

### **1.1.- Estudios previos**

El manejo de las cuencas hidrográficas tiene como reto fundamental propiciar su gestión en el marco del desarrollo sostenible; en este particular, Vishnudas. S, et al <sup>8</sup>, (2008) desarrolla un marco analítico aplicado a cuencas, en donde identifica aspectos y elementos del desarrollo sostenible y sus interacciones, en dos estudios de casos en Kerala, en el sur de India. Dentro de los resultados destaca que los cuatro elementos fundamentales que deben tenerse en cuenta son: los recursos naturales, la tecnología, las instituciones y la economía. Los componentes seleccionados para el elemento recursos naturales son: a) reducción de la erosión del suelo, b) incremento de la disponibilidad del agua y c) incremento en la relación biomasa/cultivos. Introduce como aspecto interesante que la ponderación de los componentes la efectúa a través de un método cualitativo de valoración de atributos basado en la percepción de la gente.

Por otra parte, Romero et al (2012) establecen como indicadores físicos –naturales en la cuenca media del río Pao: la cobertura vegetal, la escorrentía y la superficie cultivada.

Sin embargo, el informe del IPCC citado por Rodríguez, A. (2007) señala que en las regiones tropicales con sequía estacional, se proyecta una disminución de la productividad agrícola, así como, un incremento de los eventos extremos: sequías e inundaciones, lo cual afectará significativamente la producción agrícola especialmente en los sectores de subsistencia.

Además, el estudio sobre “Consecuencias ambientales generales del cambio climático en Venezuela (Martelo, M. 2004) indica un incremento de la superficie de riesgo de desertificación, una menor disponibilidad total anual climática de agua y un incremento de la temperatura promedio..

En consecuencia, los indicadores físico naturales y las actividades económicas ligadas a la producción agropecuaria pudieran verse seriamente afectados por el cambio climático, de allí la importancia de determinarlos y establecer su relación con dicha problemática.

## **1.2.- Ubicación Geográfica**

Debido a lo extenso de la cuenca del río Unare la cual abarca aproximadamente unos 22.000 Km<sup>2</sup>, el estudio se focalizó en la sub-cuenca Quebrada Taquima, cuenca media del Unare ubicada en las cercanías de la población de Onoto, capital del Municipio Cajigal del estado Anzoátegui. Está ubicada en las coordenadas UTM: Norte: 1062000, 1075000 y Este: 237.000, 258000. Y es considerado como un importante recurso de agua superficial, ya que es el afluente principal del embalse “El Cují” que a su vez, forma parte del Sistema Hidrológico de la Cuenca del Río Unare. La sub- cuenca tiene una superficie de 13.748 has, en el que predominan pequeñas a medianas elevaciones, con relieve ondulado. (Romero et al 2010)



Figura 1. Cuenca Media río Unare, Sub Cuenca quebrada Taquima.

### 1.3.- Objetivos

Determinar los Indicadores físico - naturales en la cuenca media del río Unare, Sub-cuenca quebrada Taquima del estado Anzoátegui para conocer el grado de impacto que se está generando en la cuenca, el nivel de sustentabilidad que presenta el área sujeta de estudio y los posibles efectos del cambio climático

### 2.- Materiales y Método.

La metodología se estructuró en (4) cuatro fases:

-Fase I. Selección y cuantificación de indicadores claves de la dimensión físico - natural, a través de la revisión documental de investigaciones realizadas con anterioridad por parte del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales renovables (1.995 y 2001) así como, por el Proyecto de: “Gestión Integral de Cuencas bajo un enfoque participativo, casos ríos Pao y Unare (Romero et. al 2010).

-Fase II. Valoración de los indicadores seleccionados con base a los resultados de los estudios mencionados en la Fase I, así como la información relativa a vegetación y suelos que se extrajeron de los Ortofotomapas y las fotos satelitales (Romero et al , 2010).

-Fase III. Comparación con los valores obtenidos mediante la aplicación de la metodología desarrollada por Sepúlveda, Chavarría y Rojas, (2005) del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas- IICA.

-Fase IV. Establecer el grado de impacto de los indicadores en su conjunto, mediante el empleo del Índice Integrado de Desarrollo Sostenible (Sepúlveda. S, Chavarría. H y Rojas. P, 2005). Y analizar el resultado con relación a los posibles efectos del cambio climático en Venezuela.

### **3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Para definir los indicadores se establecieron los siguientes criterios generales: a) comprensión sencilla y accesible a los no especialistas, principalmente al considerarse el hecho que deben ser manejados por las comunidades, b) Cada indicador constituye una expresión clara de estado y tendencia, generalizable c) debe estar relacionado al área temática de referencia (es decir, el indicador se interpreta en el contexto para el que ha sido definido, d) que el conjunto de indicadores describan la realidad ambiental (Aguirre 2005).

#### **3.1.- Los indicadores claves seleccionados**

Los criterios para la selección de los indicadores físico- naturales se basaron en las razones esgrimidas por Aguirre (2005) las cuales son: a) **relevancia** a escala nacional (aunque pueden ser utilizados a escalas regionales o locales), b) **pertinencia** frente a los objetivos de desarrollo sostenible u otros que se persigan, c) **comprensibles, claros, simples y no ambiguos**, d) **realizables** dentro de los límites del sistema estadístico nacional y disponibles con el menor coste posible, e) **limitados en número**, pero amparados con un criterio de enriquecimiento y f) **representativos**, en la medida de lo posible de un consenso (internacional y nacional).

Con base a esos criterios se escogieron los siguientes indicadores:

Tabla 1.- Indicadores físico- naturales seleccionados

<b>Indicadores</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>Vegetación</b>	Cobertura vegetal	Hectáreas (ha.)
<b>Agua</b>	Escorrentía	Metros cúbicos por segundo (m <sup>3</sup> /s).
<b>Uso del suelo</b>	Superficie cultivada	Hectáreas (ha.)

Fuente: Romero. A, Márquez. A, Díaz. E (2012).

-La Vegetación se seleccionó como indicador debido a que el valor de la superficie bajo cobertura vegetal, permite conocer el grado de deterioro de un ecosistema, ya que la vegetación sirve de soporte a diferentes tipos de especies de fauna. Así mismo, permite saber si el suelo está expuesto a las fuerzas erosivas como son el agua y el viento. La unidad de medida son las hectáreas (ha).

-El agua es el elemento fundamental de una cuenca, siendo el indicador que a su vez, nos evidencia el grado de deterioro o de fragilidad, mayor escorrentía, mayor riesgo de erosión. La unidad de medida es metros cúbicos por segundo (m<sup>3</sup>/s).

-Superficie cultivada es un indicativo de la actividad económica que se desarrolla en el área, así como del nivel de afectación de una cuenca en particular; siendo la unidad de medida las hectáreas (ha).

### **3.2.- Valorar los indicadores seleccionados:**

Los valores asumidos para cada uno de los indicadores fueron tomados de la caracterización físico- natural de los ríos Pao y Unare realizada por el sub-proyecto 1: Modelo de gestión integral de cuencas, perteneciente a su vez al proyecto “Gestión integral de cuencas bajo un enfoque participativo, casos ríos Pao y Unare” (Romero et al 2010) y que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2: Valoración de los Indicadores seleccionados

<b>Indicador</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valoración</b>
<b>Vegetación</b>	Cobertura vegetal	2.004,40 ha.
<b>Agua</b>	Escorrentía.	1.126 m <sup>3</sup> /s.
<b>Suelo</b>	Superficie cultivada	11.743,34 ha.

Fuente: Romero. A, Colmenares C y Bolívar. N. (2010).

Se debe señalar que la vegetación predominante corresponde al bosque seco tropical. Mientras que en la superficie cultivada predominan los cultivos de maíz, sorgo y pastizales. Y con relación al caudal de la quebrada Taquima y del resto de los afluentes que integran la sub-cuenca es de carácter intermitente, aunque, se mantiene el bosque de galería a lo largo de su cauce lo que evita que la escorrentía promedio no sea tan elevada.

### **3.3.- Comparación de los valores obtenidos mediante el uso de los indicadores Desarrollo Sostenible en los Territorios Rurales.**

Una vez obtenidos los valores absolutos de cada uno de los indicadores físico – naturales, debido a que los mismos se expresan en diferentes unidades, se hace necesario estandarizarlos y utilizar una misma escala, para ello se emplea la función sigmoidea o función de relativización que se utiliza para la obtención del índice de desarrollo humano, (Sepúlveda. S, Chavarría. H y Rojas. P, <sup>11</sup> 2005), que se presenta a continuación:

Para el caso en que los indicadores presentan una relación positiva (es decir, cuanto mayor su nivel, mejor)

Si los indicadores presentan una relación negativa, se usaría la siguiente función:

En tales fórmulas se tiene que:

X: es el valor de la variable para una unidad de análisis a en un período determinado.

m: es el valor mínimo de la variable en un período determinado.

M: es el nivel máximo en un período determinado.



Con base a la aplicación de dichas fórmulas se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 3:

Tabla 3: Índice de desarrollo Sostenible por Indicador Físico-Natural.

<b>Indicador</b>	<b>Índice de Desarrollo Sostenible</b>
<b>Vegetación</b>	0,15
<b>Agua</b>	0,86
<b>Superficie Cultivada</b>	0,15

Fuente: Romero. A, Márquez. A, Díaz. E. Cálculos propios. (2012).

### **3.4.- Establecer el grado de impacto de los indicadores en su conjunto:**

Una vez obtenido los valores para cada indicador se procedió a determinar el Índice de Desarrollo Sostenible para la sub- cuenca Taquima, siendo este de: 0,38

Al comparar este resultado con la Tabla 4, se obtiene que el área de estudio se encuentra en una categoría Crítica. Y si comparamos los índices por separado de cada uno de los indicadores, vemos que los de vegetación y de superficie cultivada se encuentran en un estado de colapso.

Tabla 4: Escala del Nivel de Desarrollo Sostenible de los Territorio Rurales

<b>Categoría</b>	<b>Escala</b>
Optimo	$\geq 0,80-1,00$
Estable	$\geq 0,60-0,79$
Inestable	$\geq 0,40-0,59$
Crítico	$\geq 0,20-0,39$
Colapso	0,00-0,19

Fuente: Sepúlveda, S., Chavarría, H., Rojas.<sup>11</sup> (2005)

Por otra parte, se debe considerar que la pérdida de vegetación está relacionada con un incremento de los riesgos de erosión y una disminución de la capacidad de captación de agua. Por tanto, al relacionar el indicador con los efectos del cambio climático como son el riesgo de desertificación y la disminución de la captación de agua total nos indicaría que las posibilidades de mejorar el indicador y de disminuir el impacto al cambio climático con

relación a la vegetación serían casi nulas, a menos que se establezca un plan de conservación de las áreas críticas que fueron identificadas en la evaluación ecológica rápida realizada en el marco del proyecto de “Gestión Integral de Cuencas bajo un enfoque participativo casos ríos Pao y Unare” (Consultores ambientales, 2010).

Con relación a la superficie cultivada la preminencia de los cultivos de maíz y sorgo en terrenos ondulados o colinares, incrementan los riesgos de erosión ya que se consideran cultivos que emplean una elevada mecanización y uso del suelo de manera intensiva lo cual trae como consecuencia, bajo esas condiciones un elevado riesgo de erosión y de empobrecimiento del suelo. Así mismo el estudio de impactos ambientales y socioeconómicos del cambio climático en Venezuela (INIA, 2005), señala que el cambio de tipos climáticos de sub-húmedos secos a semiáridos es especialmente grave en las zonas agrícolas, ya que el principal causante de la desertificación en los países tropicales como Venezuela, es el mal manejo de las tierras agrícolas.

Aunado a esta situación, ese mismo estudio considera la posible disminución de la productividad de esos rubros con base a las proyecciones de incremento de la temperatura que incidirían sobre los pisos climáticos y el metabolismo de las plantas, Lo que traería como afectaría el nivel de ingreso de los agricultores sobre todos los de subsistencia.

En cuanto a la esorrentía podría verse incrementada como consecuencia del aumento de la intensidad de los eventos extremos y de la erosión.

En conclusión, la sub-cuenca Taquima sería afectada fuertemente por el cambio climático, haciendo que su sustentabilidad y la del embalse “El Cují” se vean comprometidas, haciendo inviable cualquier plan de desarrollo del área.

## **5.- CONCLUSIONES**

-Los indicadores seleccionados para la dimensión físico- natural en el marco del Modelo para la Gestión Integral de Cuencas, exigieron condensar la información y simplificar la aproximación a los impactos; generándose un instrumento útil para la gestión ambiental.

-Los indicadores físicos –naturales determinados para el caso particular de la sub-cuenca Taquima, cuenca media del río Unare evidencia que el estado de sustentabilidad es **Crítico**.

-La sub-cuenca Taquima sería seriamente afectada por el cambio climático haciendo inviable cualquier plan de desarrollo sustentable, a menos que se tomen medidas urgentes

de mitigación y/o de adaptación sobre todo para el sector agrícola y se desarrollen planes de cogestión de las áreas críticas de conservación identificadas previamente.

### **AGRADECIMIENTOS**

Esta investigación se realizó en el marco del proyecto “Gestión Integral de Cuencas con un enfoque Participativo. Casos Ríos Pao y Unare”; está enmarcada en la línea Hábitat y Desarrollo Endógeno, Misión Ciencia, del Ministerio del Poder Popular para la Ciencia y Tecnología de la República Bolivariana de Venezuela. Es un Proyecto cofinanciado por el Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONACIT) Proyecto en Red N° 2007001596. La coordinación se efectuó desde la Universidad de Carabobo, Instituto de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, INFACES, con participación de las Facultades de Ingeniería y Ciencias de la Educación. Se ejecuta en red con la Fundación la Salle, Campus San Carlos; Fundación Tierra Viva; Universidad Pedagógica Experimental Libertador – Instituto Pedagógico de Caracas; Universidad Simón Bolívar y en alianza con la Universidad Simón Rodríguez y Eco Humana.

### **REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS**

- Aguirre, M. 2005. Los sistemas de indicadores ambientales y su papel en la información e integración en el medio ambiente. I Congreso de Ingeniería civil, Territorio y medio Ambiente. Madrid.
- Díaz E., Ayala J., Flores V., Romero A., Flores M., Chacón Y., Aranguren J. 2011. Validación Participativa del Modelo de Gestión Integral de Cuencas. Memorias de las XIX Jornadas Técnicas de Investigación y III de Postgrado (pp. 310-316). San Carlos, 29 y 30 de Noviembre de 2011.
- Flores M., Díaz E., Romero A., Chacón Y. 2011. Gestión Integral de cuencas con enfoque participativo: metodología para generar un modelo. Memorias de las XIX Jornadas Técnicas de Investigación y III de Postgrado (pp. 339-346). San Carlos, 29 y 30 de Noviembre de 2011.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA) Impactos ambientales y socioeconómicos del cambio climático. Posibles medidas de adaptación [Documento en línea] en: [http://redesastre.inia.gob.ve/index2.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=3&Itemid=28](http://redesastre.inia.gob.ve/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=3&Itemid=28).
- Martelo María Consecuencias ambientales generales del cambio climático en Venezuela. [Documento en línea] en [www.inameh.gob.ve/documentos/consecuencias.pdf](http://www.inameh.gob.ve/documentos/consecuencias.pdf).
- Rodríguez. A. Cambio climático, agua y agricultura en Comuniica revista técnica del Instituto interamericano de Ciencias Agrícolas Edición N° 1, enero-abril, 2007, pp. 13-23.

- Romero. A., Díaz E., Márquez A. 2012. Indicadores Físico Naturales para el Modelo de Gestión Integral de la Cuenca media del Pao, estado Carabobo. Venezuela. Ponencia presentada en I Congreso Venezolano de Ciencia, Tecnología e Innovación en el marco de la LOCTI-PEII. Caracas 23 al 26 de septiembre 2012.
- Romero. A, Colmenares C y Bolívar. N. 2010. Capítulo del informe del año 1. Universidad de Carabobo y otros (2010). Informe año 1. Proyecto de Gestión Integral de Cuencas con enfoque participativo, casos ríos Pao y Unare. Proyecto en red Fonacit - 2007001596. Valencia.
- Vishnudas, S., Savenije, H., Van der Zaag, P., Kumar, A., Anil, K. 2008. Sustainability analysis of two participatory watershed projects in Kerala. *Physics and Chemistry of the Earth* 33 (2008) 1–12.
- Sepúlveda, S., Chavarría, H., Rojas. 2005. Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible de los territorios rurales. (El Biograma). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. IICA.