

**UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS
FACULTAD DE MATEMÁTICA, FÍSICA Y COMPUTACIÓN**



**PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DEL DESARROLLO
SOSTENIBLE TERRITORIAL
APLICACIÓN EN LA PROVINCIA DE VILLA CLARA**

**TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL TÍTULO ACADÉMICO DE MÁSTER EN
INFORMÁTICA PARA LA GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL**

Autora: Ing. Anabel Vega Calcines

Tutor: Dr. C. Carlos Pérez Risquet

Santa Clara

2014

Hago constar que el presente trabajo fue realizado en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas como parte de la culminación de la Maestría en Informática para la Gestión Medioambiental, autorizando a que el mismo sea utilizado por la institución para los fines que estime conveniente, tanto en forma parcial como total, y que además no podrá ser presentado en eventos ni publicado sin la aprobación de la institución.

Firma del autor

Los abajo firmantes certifican que el presente trabajo ha sido revisado y el mismo cumple los requisitos establecidos, referidos a la temática señalada.

Firma del Tutor
Dr. C. Carlos Pérez Risquet

Firma del Coordinador de la Maestría
Dr. C. Carlos Pérez Risquet

A mi hijo

A mis padres

Agradecimientos

A mi tutor, profesor Dr. C. Carlos Pérez Risquet, a quien nunca podré agradecer lo suficiente.

A la profesora MSc. Vivian Martínez de la Vega y los profesores Dr. C. Ismael Santos Abreu y Dr. C. Elier Méndez Delgado, por compartir conmigo su preciado tiempo y sus valiosas experiencias.

A Linares por sus acertados criterios.

A mi director José M. Acosta por apoyarme en la superación profesional.

A Frank, Carlos Andrés, Leniecer, Yoire y Yailín por su apoyo incondicional.

A mis familiares, amigos y a todos los que de una forma u otra colaboraron con la realización de este trabajo.

RESUMEN

En la presente investigación se propone un procedimiento general y sus instrumentos de apoyo, para la evaluación del desarrollo sostenible a escala territorial con el fin de aportar bases sólidas a la toma de decisiones. El procedimiento tiene por objetivo estimar, y a la vez representar, el grado relativo de desarrollo sostenible de un territorio. Al aplicarlo se obtiene el Índice de Desarrollo Sostenible Territorial (IDST) y un sistema de indicadores organizado mediante un marco ordenador temático, que permite observar con más detalle el comportamiento de los indicadores que componen el índice. Se desarrolló una aplicación web que sirve de apoyo para la aplicación del procedimiento, permitiendo diseñar el sistema de indicadores, calcular el índice, observar la evolución de los indicadores en el tiempo y comparar territorios, entre otros resultados. La factibilidad de aplicación del procedimiento y los instrumentos de apoyo fue demostrada mediante su aplicación en la provincia de Villa Clara, lo que permitió identificar puntos críticos y oportunidades de mejoras para reorientar esfuerzos hacia los principales problemas.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1 CAPÍTULO I: EVALUACIÓN DEL DESARROLLO SOSTENIBLE MEDIANTE INDICADORES	Pág. 8
1.1 El Desarrollo Sostenible como referencia.....	8
1.2 Enfoques del Desarrollo Sostenible.....	10
1.3 Evaluación del Desarrollo Sostenible mediante indicadores.....	11
1.3.1 Indicadores de sostenibilidad física	13
1.3.2 Indicadores de sostenibilidad integral.....	13
1.3.3 Índices agregados de sostenibilidad	15
1.4 Definición de Índices Agregados de Sostenibilidad	16
1.4.1 Selección de indicadores	18
1.4.2 Normalización de los indicadores.....	20
1.4.3 Pesos de los indicadores	22
1.4.4 Métodos de agregación.....	26
1.5 Evaluación del desarrollo sostenible en Cuba	27
Conclusiones parciales	31
2 CAPÍTULO II: PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DEL DESARROLLO SOSTENIBLE EN LAS PROVINCIAS CUBANAS.....	Pág. 32
2.1 Características del procedimiento	32
2.2 Descripción del procedimiento propuesto.....	33
2.2.1 Fase I. Diagnóstico del territorio.....	34
2.2.2 Fase II. Estructuración del sistema de indicadores.....	34
2.2.3 Fase III. Cálculo del Índice de Desarrollo Sostenible Territorial.....	38
2.2.4 Fase IV. Análisis de los resultados.....	41
Conclusiones parciales	43

3	CAPÍTULO III: DISEÑO DE LA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA EVALUACIÓN DEL DESARROLLO SOSTENIBLE.....	Pág. 44
3.1	Diseño de la aplicación informática	44
3.1.1	Descripción de actores, casos de usos y clases persistentes.....	44
3.1.2	Patrón arquitectónico	49
3.1.3	Diseño conceptual de la base de datos.....	51
3.2	Descripción de tecnologías usadas en el desarrollo de la aplicación.....	52
3.2.1	Servidor web XAMPP.....	52
3.2.2	PHP Storm.....	52
3.2.3	Yii Framework	53
3.2.4	Highcharts.....	55
3.2.5	Sistema gestor de base de datos: MySQL	55
3.3	Diseño de la interfaz de usuario	56
	Conclusiones parciales	59
4	CAPÍTULO IV: APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA EVALUACIÓN DEL DESARROLLO SOSTENIBLE EN LA PROVINCIA DE VILLA CLARA.....	Pág. 60
4.1	Diagnóstico del territorio.....	60
4.2	Estructuración del sistema de indicadores	61
4.3	Cálculo del IDST	67
4.4	Análisis de los resultados.....	74
4.5	Resultados de la aplicación del procedimiento.....	74
	Conclusiones parciales	76
	CONCLUSIONES GENERALES	77
	RECOMENDACIONES	78
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
	ANEXOS.....	83

INTRODUCCIÓN

La problemática medioambiental se ha convertido, desde de la década de los 70 del pasado siglo, en una de las principales preocupaciones de políticos, ambientalistas, ecologistas, organizaciones no gubernamentales, instituciones científicas y la sociedad en su conjunto. El origen de dichos problemas está en los sistemas de desarrollo que se han asumido, sustentados en patrones de producción y consumo irracionales, causantes del atraso y la pobreza que azota a gran parte de la humanidad y de graves problemas ambientales que suponen un riesgo para nuestra propia especie.

“Cuando se habla de crisis ecológica no se hace en términos abstractos o altruistas: lo que cuestiona es nuestra supervivencia en el futuro, al menos en unas condiciones que podamos considerar dignas para todos.” (Fernández Latorre, 2006)

A partir de la celebración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, en Rio de Janeiro en 1992, la política de desarrollo sostenible es considerada como la meta hacia la cual deben dirigirse todas las naciones.

El concepto de desarrollo sostenible, plantea la búsqueda de progreso económico que no descuide aspectos cualitativos, tales como la calidad de vida y la preservación del medioambiente, sin olvidar el compromiso ético con las generaciones venideras. Así, se considera como un proceso multidimensional que afecta al sistema económico, ecológico y social (Durán Romero, 2000).

Como resultado de la Cumbre de Rio se aprobó la Agenda 21, documento político a través del cual, la comunidad internacional se comprometió a poner en práctica un programa que contiene las estrategias para prevenir el deterioro del medio ambiente y establecer las bases para un desarrollo sostenible a escala planetaria en el siglo XXI. (CITMA, 2012).

Para conocer si realmente las actividades humanas asociadas al desarrollo de la sociedad, pueden considerarse sostenibles se necesitan indicadores. El Capítulo 40 de la Agenda 21 se refiere a la importancia de crear indicadores de desarrollo sostenible “a fin de aportar bases sólidas al proceso de toma de decisiones en todos los niveles y

contribuir a una sustentabilidad autorreglamentada, de los sistemas que integran el medio ambiente” (United Nations, 1992).

En un proceso de desarrollo sustentable los indicadores no constituyen un fin en sí mismo, sino herramientas que permiten conocer tendencias, el cumplimiento de objetivos y brindan la posibilidad de intervenir oportunamente permitiendo una toma de decisiones fundamentada (Martínez de la Vega et al., 2014)

La tarea de elaboración de indicadores de sostenibilidad se hace difícil por la ambigüedad propia del concepto. No obstante esto, se han elaborado numerosas propuestas tanto de sistemas de indicadores como de metodologías para su definición (CDS, 1995), (Castro Bonaño, 2002), (Gallopín, 2003), (Sepúlveda S., 2008), (Arnés Prieto, 2011), (Pérez Albert and Nel Lo Endreu, 2013).

Algunos de los marcos utilizados para la evaluación de la sostenibilidad se basan en objetivos concretos, mientras otros implementan un enfoque sistémico (Arnés Prieto, 2011).

Por otro lado se han elaborado indicadores complejos para medir la distancia al objetivo de sostenibilidad en términos genéricos como son la conocida Huella Ecológica, el Índice de Planeta Vivo y el Índice de Bienestar Económicamente Sustentable (IBES).

El trabajo con indicadores de desarrollo sostenible ha sido impulsado por organismos de investigación y esfuerzos internacionales de cooperación, entre los que se destacan (Leiva Más et al., 2012):

- Comisión de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (CDS).
- International Center for Tropical Agriculture, Banco Mundial y Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (CIAT-BM-PNUMA).
- Agencia Europea sobre Medio Ambiente (AEMA).
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE).
- Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE).
- Statistical Office of the European Communities (Eurostat).
- División de estadísticas de la ONU (UNSD).
- Institute Worldwatch “Vital Signs”
- World Resources Institute (WRI).

Los importantes esfuerzos técnicos y financieros realizados por estas y otras agencias internacionales demuestran que el desarrollo de indicadores ambientales (y de índices relacionados con la sostenibilidad) se ha convertido en una prioridad internacional.

El Gobierno cubano, y la sociedad en su conjunto, han evidenciado su interés por la protección del medio ambiente en la isla. A partir del triunfo revolucionario de 1959, el pensamiento y la acción ambiental cubana han crecido y se han perfeccionado paralelamente al proyecto de elevar el nivel y la calidad de vida del pueblo cubano. Esto se evidencia a través de los siguientes hitos (ONEI, 2009):

- Ley 33 de Protección del Medio Ambiente y del Uso Racional de los Recursos Naturales de 1981
- Decreto Ley 118 de enero de 1990 “Estructura, Organización y Funcionamiento del Sistema Nacional de Protección del Medio Ambiente y su Órgano Rector”
- Promulgación en 1993 del Artículo 27 de la Constitución de la República de Cuba
- Creación del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) en 1994
- Ley 81 del Medio Ambiente en 1997
- Establecimiento de la Estrategia Ambiental Nacional en 1997
- Aprobación de los “*Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución*” en 2011

La consolidación del marco legal e institucional favoreció que la estadística en este campo se desarrollara junto al proceso de concientización sobre la importancia de preservar y recuperar el medio, con el objetivo de darle respuesta a la necesidad creciente de contar con información adecuada, para tomar decisiones referentes a la protección y mejora del medio ambiente y para un seguimiento de las mismas en términos de un “desarrollo sostenible” (ONEI, 2009).

El concepto de sostenibilidad tiene diferentes ámbitos de aplicación. Desde una perspectiva sectorial es posible hablar de “industrias sostenibles”, “agricultura sostenible” o “turismo sostenible”, mientras que desde una perspectiva geográfica, se puede aplicar desde el ámbito local al global (Márquez and Cuétara, 2008).

Desde el ámbito sectorial, la mayoría de las investigaciones realizadas en Cuba, están dirigidas a monitorear indicadores de sostenibilidad turística, dada la importancia del turismo para la economía cubana y la necesidad de proteger los ecosistemas costeros y montañosos de los impactos que genera este sector. Entre las principales aproximaciones metodológicas que se han descrito y aplicado en el diseño de indicadores de desarrollo sostenible para destinos y entidades turísticas se encuentran las realizados por (Salina Chávez and La O Osorio, 2006), (Pérez Albert and Nel Lo Endreu, 2013) y (Martínez de la Vega et al., 2014). Este último calcula el grado de sustentabilidad de forma sintética.

A escala nacional, se han presentado amplios informes que describen la situación económica, social y medioambiental de Cuba a través de indicadores, como los realizadas por (CITMA and AMA, 2005), (AMA et al., 2009), (CITMA et al., 2009), (ONEI., 2009), dando respuesta a la demanda de información a organismos internaciones o como parte de proyectos nacionales e internacionales. De manera general en estos informes se presenta una compilación de indicadores, muchas veces asociados a objetivos y metas, como los que dan seguimiento al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Sólo uno de estos informes (AMA et al., 2009) posee un enfoque sistémico y en ningún caso se agregan los indicadores por lo que no nos ofrecen un acercamiento al grado de sustentabilidad en términos genéricos.

A nivel provincial, las delegaciones del CITMA coordinan las acciones para el uso racional de los recursos naturales y la prevención, mitigación y solución de los problemas ambientales, con el objetivo de alcanzar el desarrollo sostenible de los territorios. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos realizados en materia de indicadores medioambientales y de desarrollo sostenible a escala nacional y sectorial, las autoridades provinciales no cuentan con sistemas de indicadores que les permitan monitorear en qué medida el proceso de desarrollo de los territorios puede considerarse sostenible para el medio ambiente, la sociedad y la economía y evaluar así la efectividad de las políticas públicas. Obviamente, tampoco existen herramientas informáticas que soporten el trabajo con indicadores de desarrollo sostenible en las provincias y faciliten la presentación de información relevante tanto para la toma de decisiones como para la población en general. Todo esto constituye una *situación problemática* a resolver con esta investigación.

El **problema científico** radica en la carencia de procedimientos para la evaluación de la sostenibilidad en las provincias cubanas que integren indicadores de las dimensiones ambiental, social y económica y que permitan conocer si las políticas, estrategias y metas en cada una de dichas dimensiones son efectivas; así como la ausencia de una base informática que soporte la evaluación de la sostenibilidad territorial.

En correspondencia con lo planteado se formuló la siguiente **hipótesis investigativa**: La aplicación de un procedimiento que establezca una línea de acción para evaluar la sostenibilidad en las provincias cubanas integrando indicadores ambientales, sociales y económicos, permite identificar puntos críticos, oportunidades de mejora, visualizar avances y retrocesos en el desarrollo sostenible de los territorios, evaluar así la efectividad de las políticas, estrategias y aspectos más relevantes a la sostenibilidad.

Esta hipótesis quedará comprobada si:

- Se evidencia la factibilidad de aplicación del procedimiento desarrollado, en los objetos de estudio seleccionados; caracterizándose por su pertinencia, consistencia lógica, suficiencia, flexibilidad y generalidad.
- Se logra identificar puntos críticos en el desarrollo sostenible del objeto de estudio práctico a partir de los resultados obtenidos con el análisis del índice global de evaluación del desarrollo sostenible propuesto en el procedimiento.
- Se diseña una aplicación informática que permita gestionar los indicadores de desarrollo sostenible que componen el índice global de evaluación del desarrollo sostenible, permitiendo evaluar el desarrollo sostenible en las provincias y soportar el proceso de toma de decisiones en las esferas ambiental, económica y social.

Una vez definido el problema científico a cuya solución contribuye esta investigación, así como la hipótesis de la misma, el **objeto de estudio teórico** se centró en los procedimientos para la evaluación del desarrollo sostenible, herramientas y mejores prácticas existentes y su correspondencia con las particularidades de las provincias cubanas. Se seleccionó como **objeto de estudio práctico** la evaluación del desarrollo sostenible en la provincia de Villa Clara.

En conformidad con la hipótesis planteada, el **objetivo general** de la investigación es: Desarrollar un procedimiento y sus instrumentos metodológicos de apoyo para integrar indicadores y evaluar el desarrollo sostenible en las provincias cubanas, que facilite la identificación de puntos críticos y oportunidades de mejora en el desarrollo sostenible provincial.

Este objetivo general fue desglosado en los **objetivos específicos** siguientes:

1. Realizar el análisis crítico de la literatura que permita sentar las bases teóricas en materia de herramientas, metodologías y buenas prácticas existentes para evaluar el desarrollo sostenible en territorios, que posibilite fundamentar teóricamente la investigación.
2. Elaborar un procedimiento que permita evaluar cuantitativamente el desarrollo sostenible basado en un indicador global de desarrollo sostenible.
3. Desarrollar una aplicación informática que facilite la gestión y almacenamiento de los indicadores ambientales y socioeconómicos que sirven de base para la evaluación del desarrollo sostenible y el cálculo del indicador global.
4. Implementar el procedimiento en la provincia objeto de estudio, con el propósito de comprobar la hipótesis general de investigación planteada y que, a la vez, sirva como base para su continuación en trabajos posteriores sobre esta temática.

Para dar cumplimiento al sistema de objetivos propuestos, este trabajo de investigación se estructuró en varios momentos y los resultados se resumen en la tesis estructurada en los capítulos siguientes:

- **Capítulo I. Evaluación del desarrollo sostenible mediante indicadores:** en este capítulo se realizó un estudio de las tendencias actuales en temas relacionados con: el desarrollo sostenible, sistemas de indicadores de desarrollo sostenible, índices agregados de sostenibilidad existentes, métodos para la definición de índices agregados y la evaluación de la sostenibilidad en Cuba.
- **Capítulo II. Procedimiento general para la evaluación del desarrollo sostenible en las provincias cubanas:** en este capítulo se propone un procedimiento para evaluar el desarrollo sostenible a escala provincial, el cual está estructurado con una secuencia lógica que cuenta con cuatro fases:

diagnóstico del territorio, estructuración del sistema de indicadores, cálculo del Índice de Desarrollo Sostenible Territorial y análisis de los resultados.

- **Capítulo III. Diseño de la aplicación informática para la evaluación del desarrollo sostenible:** en este capítulo se describen las características de una aplicación web que sirve de base computacional del procedimiento propuesto para la evaluación de la sostenibilidad territorial. También se exponen las características principales de las herramientas usadas en el desarrollo de dicha aplicación.
- **Capítulo IV. Aplicación del procedimiento general para la evaluación del desarrollo sostenible en la provincia de Villa Clara:** en este capítulo se muestran los resultados de la aplicación del procedimiento propuesto en la provincia de Villa Clara como vía para la comprobación de la hipótesis general de investigación planteada a través de los criterios antes expuestos.
- Finalmente se exponen las conclusiones y recomendaciones generales derivadas de la investigación realizada, se presenta la bibliografía referida en la tesis, así como un grupo de anexos para facilitar la comprensión del contenido.

El *valor metodológico* se manifiesta en la consistencia lógica y estructuración del procedimiento propuesto y la posibilidad que ofrece de revisar el desarrollo sostenible actual, evaluarlo e identificar puntos críticos y oportunidades de mejora. Además la posibilidad de su extensión como instrumento metodológico para el mejoramiento del desarrollo sostenible en las provincias cubanas. Su *valor práctico* radica en la factibilidad y pertinencia, de poder implementar el procedimiento desarrollado para evaluar el desarrollo sostenible que soporte la toma de decisiones y por contar con una aplicación informática que facilita el cálculo del indicador global de evaluación del desempeño ambiental y la presentación de los resultados.

1 CAPÍTULO I: EVALUACIÓN DEL DESARROLLO SOSTENIBLE MEDIANTE INDICADORES

1.1 El Desarrollo Sostenible como referencia

La preocupación por el desarrollo sostenible desde un punto de vista académico e investigador es todavía reciente. A partir de la década de los 70 (en pleno desarrollo industrial) empiezan a surgir las primeras voces de alarma sobre el desequilibrado crecimiento, pero no sería hasta finales de los años 80 y principios de los 90 que el debate sobre la sostenibilidad adquiriera carta de naturaleza propia, convirtiéndose en uno de los principales temas de análisis por parte de la comunidad científica y política a nivel mundial. Durante la década de los 90, el debate llevado en torno a este tema, se mostró fundamentalmente en su faceta medioambientalista, posteriormente, a consecuencia de una mayor profundización en el estudio de la sostenibilidad, se empiezan a considerar otros puntos de vista como el ámbito sociocultural y económico, que comienzan a ser considerados factores importantes dentro del estudio de la sostenibilidad, aunque sin dejar de relacionarse con el ámbito medioambiental (Lorenzo Linares and Morales Garrido, 2013).

El concepto de desarrollo sostenible se definió por primera vez en un documento oficial en 1987 con la publicación del informe “Nuestro Futuro Común” (también conocido como Informe Brundtland¹) como “el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, 1988).

Es un proceso que implica la búsqueda de equilibrio entre el desarrollo económico, social y ecológico (Ver Figura). La puesta en marcha de una estrategia desarrollo sostenible requiere que las partes involucradas en estos tres procesos negocien y asuman sus compromisos (Casares and Arca, 2002).

Por otra parte, (Achkar, 2005) define el término sustentabilidad² como el estado de condición del sistema ambiental en el momento de producción, renovación y movilización

¹ Toma el nombre de la doctora Gro Harlem Brundtland que encabezó la comisión que elaboró el informe.

² Los términos sustentabilidad y sostenibilidad son considerados sinónimos.

de sustancias o elementos de la naturaleza, minimizando la generación de procesos de degradación del sistema (presentes o futuros).

Los principios básicos sobre los que debe sustentarse este proceso multidimensional e intertemporal son: la equidad, la conservación, la eficiencia, la gobernabilidad y la identidad (Márquez and Cuétara, 2008).

Al concepto de desarrollo sostenible se le han dado múltiples definiciones, no obstante el desafío que plantea es ligar los componentes económicos, sociales y ambientales: crear un proyecto social que permita desarrollar actividades económicas dentro de la capacidad de carga de los ecosistemas locales de tal manera que la población local se beneficie integralmente, mientras se preserva el bienestar de la gente en cualquier lugar del planeta y de las generaciones futuras (Devuyst, 2001).

Están ampliamente aceptadas las tres dimensiones fundamentales del desarrollo sostenible (Achkar, 2005):

La dimensión ambiental: considera aquellos aspectos relacionados con la preservación y potenciación de la diversidad y complejidad de los ecosistemas, su productividad, los ciclos naturales y la biodiversidad.

La dimensión social: se refiere a la distribución adecuada tanto entre la población actual (equidad intrageneracional) como entre las generaciones actuales y futuras (equidad intergeneracional) de los costes y beneficios, así como a la cobertura de las necesidades básicas humanas. Incluyendo también aspectos culturales, políticos, demográficos, institucional y las relaciones sociales.

La dimensión económica: incluye a todo el conjunto de actividades humanas relacionadas con la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Así como el uso de energía, la generación y el manejo de desechos y el transporte.

También se pueden definir de forma independiente otras dimensiones como la política-institucional y la cultural (CDS, 1995).

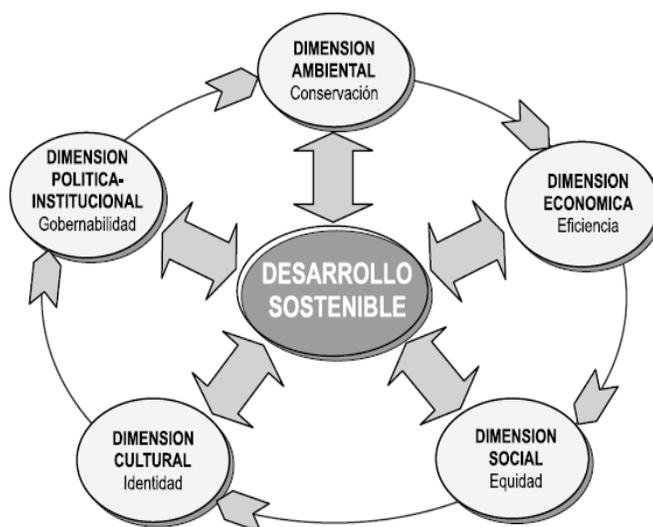


Figura 1.1 Multidimensionalidad del desarrollo sostenible. Tomado de: (Márquez and Cuétara, 2008)

Para asumir el reto del desarrollo sostenible se cuenta con una serie de documentos políticos que sustentan las bases de este concepto, siendo la Agenda 21 el que más vigencia conserva en la actualidad.

La Agenda 21 insiste en que el desarrollo sostenible sólo es posible si se planifica de manera explícita. Para casi todas las cuestiones importantes especifica un proceso lento y profundo de análisis simultáneo de un gran número de aspectos, de toma de decisiones concretas sobre asuntos prioritarios, de creación y perfeccionamiento de sistemas de control a largo plazo, compromisos y sacrificios e incentivos y motivaciones, así como objetivos cuantificables y fechados para realizar lo que se haya decidido (LGMB, 1993).

1.2 Enfoques del Desarrollo Sostenible

Los avances logrados en la comprensión del proceso de desarrollo y su dinámica cambiante han contribuido a aumentar el caudal de conocimientos en esta temática. Según (Sepúlveda S., 2008) los principales enfoques en al desarrollo sostenible provienen del campo de la economía ambiental y del “enfoque de capabilities”³, de Amartya Kumar Sen.

“En la vertiente de la economía ambiental, la ineficiencia y la ineficacia del mercado, han sido señaladas como las principales responsables por la degradación de los recursos naturales. Así, se ha exhortado a gestionar apropiadamente esos recursos y, al mismo

³ En su versión original “capability approach” que en la traducción ha surgido como capacidades o posibilidades. En este caso se prefiere la traducción: acceso a posibilidades.

tiempo, a darles la debida importancia a los aspectos participativos y distributivos del desarrollo, tanto entre generaciones, como entre los distintos grupos sociales de una misma generación.”

En el “enfoque de acceso a posibilidades”, el desarrollo es un estado de bienestar común, y el bienestar no se relaciona exclusivamente con indicadores económicos positivos, sino que el desarrollo se entiende como un proceso donde los objetivos económicos son solo un medio para alcanzar un fin mayor: la libertad humana. Según esta perspectiva el éxito de una sociedad debe juzgarse por las posibilidades reales que las personas tienen para elegir el nivel de vida que desean tener. Entonces, el bienestar se mide por el acceso real que tengan las personas a las oportunidades sin importar factores como el género, la edad, la etnia, entre otros (Sepúlveda S., 2008).

El enfoque de Sen hace hincapié en que crecimiento económico no es sinónimo de desarrollo, aunque no niega la importancia del crecimiento económico como motor del desarrollo. Por eso, el fomento de las actividades productivas debe ir acompañado de políticas que permitan la distribución de los beneficios entre todos los miembros de la sociedad.

Los enfoques citados ponen de manifiesto los muchos temas y disciplinas que se intersecan con el desarrollo sostenible, así como la manera vertiginosa en que este evoluciona, en términos conceptuales y metodológicos.

1.3 Evaluación del Desarrollo Sostenible mediante indicadores

Las evaluaciones de sostenibilidad emergieron como una de las herramientas más útiles para hacer operativo el concepto de desarrollo sostenible. Según (Fernández Latorre, 2006) un problema epistemológico que surge ineludiblemente es si existe un cuerpo teórico unificado que defina el camino metodológico básico para la elaboración de indicadores de sostenibilidad y medio ambiente; pues aunque numerosos autores señalan requisitos que deberían cumplir los referidos indicadores, estas indicaciones son habitualmente de naturaleza puntual o parcial, sin llegar a instituir un método sólido que totalice y guíe la compleja labor de diseño de indicadores de sostenibilidad y medio ambiente, así como el diseño de sistemas de indicadores.

Un indicador es una variable que representa a otra variable o a un conjunto de variables en un modelo simplificado del sistema en estudio. Así, ofrecen información más allá del dato

mismo y permiten: evaluar condiciones y tendencias; comparar lugares y situaciones, obtener información de forma prioritaria y rápida, así como anticipar las condiciones y tendencias futuras. Por estas razones se plantea que sirven como instrumento para valorar la efectividad de las medidas que se hayan tomado para mejorar o atenuar los problemas que reflejan (Castro Bonaño, 2002).

La definición de los indicadores de sostenibilidad refleja el concepto de desarrollo sostenible que se quiere implementar. Su finalidad es indicar de alguna forma si las actividades humanas, el uso de los recursos naturales o determinadas funciones ambientales, asociadas al desarrollo de la sociedad, pueden considerarse sostenibles de acuerdo a algún criterio de sostenibilidad. Este objetivo, marca la diferencia con respecto a indicadores económicos convencionales (por ejemplo, Producto Interno Bruto, Renta per Cápita) que mistifican las auténticas condiciones de equilibrio y sostenibilidad de los modelos de desarrollo (Castro Bonaño, 2002).

Entre los trabajos en este sentido destacan los realizados en el campo de los indicadores y sistemas de información para el Desarrollo Sostenible (Meadows, 1998), teoría y métodos de indicadores de Desarrollo Sostenible (Bossel, 1999), así como en metodologías para el desarrollo de programas nacionales de indicadores de Desarrollo Sostenible (United Nations, 2001). Más recientemente, otros investigadores como (Castro Bonaño, 2002), (Márquez and Cuétara, 2008), (Sepúlveda S., 2008), (Martínez Vega et al., 2009) y (Arnés Prieto, 2011) han desarrollado y aplicado metodologías para la evaluar la sostenibilidad desde distintos enfoques, ámbitos y escalas.

En la literatura consultada no se encontraron referencias sobre el diseño de aplicaciones informáticas que soporten la evaluación del desarrollo sostenible y la comunicación de los resultados, sino que algunas metodologías se apoyan en hojas de cálculo de Microsoft Excel para el cálculo de indicadores complejos y en software estadísticos como el SPSS for Windows y el StathGraphics para la interpretación de los resultados.

Aunque no todas las evaluaciones contemplan los mismos principios, cualquier proceso de medición o valoración de la sostenibilidad debe guiarse por una visión operativa del desarrollo sostenible, basándose en objetivos claros, sobre la base de un enfoque comprehensivo u holístico (Arnés Prieto, 2011).

Para ganar en claridad expositiva, los aportes realizados en materia de evaluación de la sostenibilidad se pueden agrupar básicamente en tres grupos: indicadores de sostenibilidad física, indicadores de sostenibilidad integral e índices agregados de sostenibilidad.

1.3.1 Indicadores de sostenibilidad física

Los indicadores de sostenibilidad física difieren de los meramente medioambientales, en base a que los primeros reflejan no sólo las condiciones y presiones medioambientales, sino también el grado en que ciertas presiones o impactos sobre la Tierra pueden afrontarse a largo plazo sin afectar las estructuras y procesos básicos para la vida (Castro Bonaño, 2002).

El interés no radica por tanto en el conocimiento de determinado contaminante sino en relacionarlos en términos de distancias con los objetivos de política definidos acerca de emisiones máximas o capacidad de carga crítica. Pueden expresarse en términos de flujos, tasas de crecimiento o tasa de desviación respecto al umbral/objetivo/estándar.

1.3.2 Indicadores de sostenibilidad integral

Este grupo se refiere a sistemas de indicadores que desde una visión integradora consideran no únicamente los indicadores ambientales, sino también los referidos a las cuestiones sociales, económicas e institucionales. Un sistema de indicadores organizado de acuerdo a un marco conceptual coherente, adquiere mayor utilidad que si se presenta como un mero listado de elementos. A continuación se describen algunos marcos ordenadores utilizados en la presentación de sistemas de indicadores de desarrollo sostenible.

1.1.1.1 Fuerza Motriz – Estado – Respuesta (FMER)

El marco de Fuerza Motriz – Estado – Respuesta fue desarrollado y adoptado por la ONU a partir de 1995, tomando como base el modelo Presión-Estado-Respuesta (diseñado por la OCDE en 1993 para reflejar aspectos puramente ambientales) con la idea de incorporar mejor las connotaciones sociales, económicas e institucionales del desarrollo sostenible. Este marco establece los siguientes grupos de indicadores (Quiroga Martínez, 2007):

Indicadores de Fuerza Motriz: representan actividades humanas, procesos y patrones que tienen un impacto en el desarrollo sostenible. Corresponden a desarrollo a nivel de

empresas, industrias o sectores económicos, así como a tendencias sociales. Ejemplos: tasa de crecimiento de la población, y la emisión de gases de efecto invernadero.

Indicadores de Estado: proveen una indicación del estado del desarrollo sostenible, o de un aspecto particular de éste, en cierto momento. Corresponden a indicadores cualitativos o cuantitativos. Por ejemplo: expectativa de escolaridad o concentración de contaminantes en zonas urbanas.

Indicadores de Respuesta: indican opciones de política y otras respuestas sociales a los cambios en el estado del desarrollo sostenible. Estos indicadores proveen una medida de la disposición y efectividad social en la construcción de respuestas. Incluye legislación, regulaciones, instrumentos económicos, actividades de comunicación. Ejemplos: cobertura de tratamiento de aguas, gasto en disminución de la contaminación.

La ventaja de este marco es que está muy extendido internacionalmente al ser recomendado por la OCDE y Naciones Unidas para realizar comparaciones de indicadores ambientales a nivel internacional. Por otro lado, la crítica sobre linealidad y causalidad se mantiene en este esquema.

El marco de referencia FMER resulta ser poco generalizable y de escasa confiabilidad al no considerar la interdependencia entre los diferentes factores y el carácter de multi-causalidad que opera en los fenómenos sociales y ambientales. Estas mismas razones conspiran en contra de saber cuál(es) de las medidas propuestas se consideran como efectivas para mejorar el estado. Por estas razones la CDS decidió abandonar el enfoque FMER (Quiroga Martínez, 2007).

La Agencia Europea de Medio Ambiente, ha aplicado un modelo similar, el de Fuerza Motriz – Presión – Impacto – Respuesta (FMPIR) que precisa además un grupo de indicadores de impacto y ha sido utilizado para la elaboración de los informes del Medio Ambiente en Europa. El ordenamiento principal se enfoca hacia el cumplimiento de las políticas (Castro Bonaño, 2002).

1.1.1.2 Marcos ordenadores temáticos

Otra forma de ordenar los indicadores es esquematizarlos por tema y subtema, para generar cierta lógica en la comunicación de los resultados. Los marcos temáticos en general están estructurados de acuerdo a las condiciones institucionales de los países y a las prioridades de sostenibilidad en sí. Las dinámicas de medio ambiente y sostenibilidad que son

multisectoriales y complejas encuentran en estos esquemas una buena manera de presentar los indicadores. Estos marcos han sido utilizados por numerosos países, como Canadá, Suecia, Nueva Zelanda, España, Estados Unidos, y casi todos los países latinoamericanos y caribeños (Quiroga Martínez, 2007).

También pueden ser utilizados para monitorear el avance respecto a objetivos concretos de medio ambiente y sostenibilidad que se plantean. El sistema mundial de Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) se estructura en grandes objetivos, con metas más concretas, a las cuales se asocian indicadores con metas cuantitativas y temporales, para medir los progresos hacia el logro de los objetivos.

En el contexto del Programa de Trabajo en IDS de la CDS, se desarrolló en 2001 un marco ordenador temático en el cual se definen 57 indicadores centrales de desarrollo sostenible (los que resultaron más útiles a los países de la prueba piloto), organizados en 4 dimensiones, 18 temas y 38 subtemas. Este marco tiene la ventaja de que los temas y subtemas pueden reflejar los énfasis nacionales tanto de los problemas como de los desafíos del desarrollo sostenible.

1.3.3 Índices agregados de sostenibilidad

Existen dos grandes corrientes en la discusión sobre indicadores sintéticos de sostenibilidad. La primera se relaciona con el concepto de “sustentabilidad débil”, según el cual, es posible asignar valores monetarios actualizados a los recursos naturales y a los servicios ambientales de la naturaleza, pudiendo estimar así el desgaste del “Capital Natural” en términos monetarios. En esta corriente se destacan: IBES, Riqueza Verdadera y Ahorro Genuino. La segunda corriente parte del concepto de “sustentabilidad fuerte”; sostiene que es necesario determinar la capacidad del planeta para sostener al conjunto de la economía humana y mantener las funciones ecosistémicas que aseguren la vida en general. En este grupo se puede encontrar: Huella Ecológica, Índice del Planeta Vivo, entre otros. (Achkar, 2005).

De todos ellos se pueden rescatar elementos valiosos, tales como su capacidad de sintetizar elementos de la dinámica ecológica, y también de la dinámica económica, ecológica y social. Sin embargo, las medidas sintéticas poseen inconvenientes desde el punto de vista metodológico, derivadas de la heterogeneidad de las variables y la simplificación excesiva. En torno a la sostenibilidad, resulta difícil además justificar la selección de las variables y

su importancia, ya que no existe consenso en la comunidad científica para ello (Durán Romero, 2000).

A menudo se tendía a pensar que los indicadores sintéticos y los sistemas de indicadores eran aproximaciones antagónicas, pero la práctica ha demostrado que pueden ser complementarios, pues siempre que los autores lo prevean, todo trabajo comensuralista⁴ implica la generación de componentes previos que pueden expresarse por separado a través de un sistema, de forma que el usuario los utilice de una u otra forma, de acuerdo a sus necesidades (Quiroga Martínez, 2007).

1.4 Definición de Índices Agregados de Sostenibilidad

No obstante la variedad de índices de sostenibilidad que se han definido, se pueden elaborar índices propios, según las características que por su relevancia se quieran considerar y las políticas que se hayan trazado. No existe una receta universal para diseñar e implementar indicadores adecuados, sino que cada país o institución deberá realizar un diseño propio que garantice que los indicadores producidos sean realmente útiles para la toma de decisiones, justificando por tanto la no despreciable inversión de recursos en su producción y mantención.

A la hora de resumir una medida sintética, la práctica generalizada se centra en resumir la información considerada en un conjunto de indicadores determinados, partiendo de umbrales o valores de referencia, lo que permite usar esas disparidades o distancias respecto a los valores reales, como medidas adimensionales, facilitando su agregación.

Siguiendo a Pena (1977), es importante definir las condiciones que a priori han de exigirse un indicador sintético genérico “I”:

- *Postulado I. Existencia y Determinación.* La función matemática que define el índice ha de existir y tener solución.
- *Postulado II. Monotonía.* El índice ha de responder positivamente a una modificación positiva de los componentes y negativamente a una modificación negativa. Ello obliga en algunos casos a cambiar el signo de los indicadores cuya correlación sea negativa con el objetivo a medir (desarrollo).
- *Postulado III. Unicidad.* El índice ha de ser único para una situación dada.

⁴ Se refiere a la integración de varias variables en una sola expresión numérica.

- *Postulado IV. Invariancia.* El índice ha de ser invariante respecto a un cambio de origen o de escala de los componentes.

- *Postulado V. Homogeneidad.* La función matemática que define el índice $I = f(I_1, I_2, \dots, I_m)$ ha de ser homogénea de grado uno. Este postulado es vital para la cardinalidad del índice:

$$f(c * I_1, c * I_2, \dots, c * I_m) = c * f(I_1, I_2, \dots, I_m)$$

- *Postulado VI. Transitividad.* Si (a), (b) y (c) son tres situaciones distintas del objetivo medible por el índice, e $I(a)$, $I(b)$ e $I(c)$ son los valores del indicador correspondiente a esas tres situaciones, debe verificarse que:

$$[I(a) > I(b) > I(c)] \Rightarrow [I(a) > I(c)]$$

- *Postulado VII. Exhaustividad.* El índice debe ser tal que aproveche al máximo y de forma útil la información suministrada por los indicadores simples.

Existen cinco pasos fundamentales para la construcción de índices compuestos o agregados: 1) selección de los indicadores, la escala y la meta, 3) normalización, 4) la ponderación, 5) la agregación de las variables (Medel González, 2012).

La utilización de técnicas multicriterio para la ponderación y agregación de información multidimensional ayuda a evitar los problemas de inconmensurabilidad y pérdida de información que aparecen al expresar los indicadores en una escala común. Sin embargo, estos métodos están llenos de subjetividad en la ponderación de aspectos de la sostenibilidad por lo que pueden dar como resultado diferentes opciones (Castro Bonaño, 2002).

En relación a esto, es necesario que estén relacionadas las reglas de agregación de los indicadores simples con las reglas que definen las interrelaciones entre el conjunto de indicadores seleccionados, constituyendo un verdadero modelo de la realidad. Así, se propone la selección de indicadores que representen variables o propiedades del sistema completo, es decir, indicadores holísticos (Castro Bonaño, 2002).

En los apartados siguientes se describen varios métodos que han sido usados para la construcción de los más diversos índices.

1.4.1 Selección de indicadores

Para que los indicadores de sostenibilidad sean fiables y permitan realizar valoraciones adecuadas, de manera general, deben cumplir los siguientes criterios (Castro Bonaño, 2002):

- a) Poseer un procedimiento de cálculo objetivo y científico.
- b) Estar relacionados con unos objetivos claros y específicos.
- c) Tener una interpretación clara y entendible para la mayoría de las personas.
- d) Han de cubrir el funcionamiento, la dinámica y la estructura del sistema como un todo.
- e) Han de estar basados en parámetros cuyos valores sean estables en un período de tiempo suficientemente largo.
- f) Han de estar contruidos en una escala que permita la comparabilidad espacio-temporal para los fenómenos naturales y socioeconómicos.
- g) Han de incluir la dimensión distributiva para analizar los problemas de la equidad intra/intergeneracional.
- h) Han de especificar valores de umbral o límite que permitan la evaluación de la desviación entre el estado actual y la evolución determinada por la norma u objetivo deseado.

Para elaborar un indicador sintético que resuma la variabilidad observada en un conjunto de variables, definiendo así el comportamiento de una variable latente (por ejemplo: el desarrollo), las técnicas estadísticas de análisis multivariante constituyen un instrumento muy útil en la selección de los indicadores (Castro Bonaño, 2002).

Entre las técnicas más usadas se encuentran las siguientes:

- a) Análisis de Componentes Principales (ACP): Se trata de la técnica con mayor aceptación en la elaboración de índices aplicados ampliamente a todos los ámbitos de las ciencias sociales y ambientales.
- b) Análisis de la Distancia P2 (ADP2): Método representativo del grupo de técnicas referidas a la medición de distancias, el índice DP2 se ha aplicado a la elaboración de indicadores sintéticos en Economía.

c) Agregación de Conjuntos Difusos (ACD): Esta técnica se basa en la teoría de los conjuntos difusos como forma para salvar la vaguedad e imprecisión de la información estadística disponible y del concepto a medir en el caso del desarrollo.

Uno de los procedimientos propios de la estadística descriptiva más utilizados para sintetizar la información contenida en un número elevado de indicadores sobre diversos factores determinantes del nivel de desarrollo, calidad de vida, bienestar, etc. es el ACP. Según (Castro Bonaño, 2002) con esta técnica se puede de reducir la dimensión original de un conjunto de p variables observadas llamadas originales, correlacionadas entre sí, en un nuevo conjunto de m variables ortogonales (no correlacionadas), denominadas componentes principales.

Si importante es la correcta selección de los indicadores, también lo es la especificación de los valores de referencia. Pueden definirse valores estándares deseables (establecidos por la autoridad o el consenso social), valores objetivos (valor que se espera alcanzar como objetivo final de la política) y valores de tipo umbral (que determinan hasta qué punto determinada situación es sostenible).

Aún no existe un consenso global una medida del desarrollo sostenible establecida operativamente como oficial, por lo que la selección de estándares o normas debe realizarse con extrema cautela teniendo en cuenta los procedimientos estadísticos en que están basados (Castro Bonaño, 2002).

Si bien la mayoría de autores utilizan los indicadores cuantitativos en la definición de indicadores de sostenibilidad, (Gallopín, 1997) considera preferibles los indicadores cualitativos (aunque puedan expresarse en forma cuantitativa) frente a los cuantitativos en los siguientes casos: cuando no se disponga de información cuantitativa; cuando el atributo objeto de interés es no cuantificable de forma inherente; o cuando las consideraciones de coste sean determinantes. Esta idea se complementa con el hecho generalizado de la falta de datos y la poca calidad de los mismos.

Diversas críticas se han efectuado sobre las metodologías para el establecimiento de una medida sintética del desarrollo. La principal se centra en el no cumplimiento de alguno de los postulados mencionados, lo que sumado a la asignación de ponderaciones en base a correlaciones empíricas, puede llevar a resultados alejados a la realidad (Castro Bonaño, 2002).

1.4.2 Normalización de los indicadores

Según (Fernández Latorre, 2006) el desarrollo sostenible es generalmente medido usando indicadores que están medidos en distintas unidades por lo que una referencia común entre los indicadores es crucial para obtener a un índice agregado con un significado claro.

➤ **Z-score**

Es una de las técnicas más usadas en el establecimiento de indicadores de todo tipo. Su objetivo es transformar y normalizar variables para hacerlas comparables sobre la base de una unidad común. Z-score representa la desviación del valor de la media dividida entre el promedio de la desviación de la media de la variable (Ecuación 1.1).

Ecuación 1.1

$$Z - score = \frac{X_i - \mu}{\sigma}$$

Z-score = Estadígrafo para normalizar variables.

X_i = Valor numérico de la variable a normalizar.

μ = Valor medio de la variable a normalizar.

σ = Desviación de la media de la variable a normalizar.

La función estandariza la variable haciendo su media cero y la desviación estándar la unidad, los valores pueden ser positivos y negativos. Luego con el valor del estadígrafo se localiza en la tabla de la distribución normal y se obtiene el valor del indicador el cual está comprendido entre cero y uno.

Las restricciones prácticas que puede tener este método de normalización para la investigación es que se hace necesaria la existencia de una cantidad de mediciones previas para determinar la media y la desviación de la media de la variable. El método Z-score tiene una ventaja al no ser tan sensible con los valores extremos (Medel González, 2012).

➤ **Procedimiento de normalización lineal**

En este método se fija el valor de la meta y se le asigna el 100% al valor líder y los demás valores son ordenados en puntos porcentuales separados de la meta. Este método fue defendido por (Esty et al., 2005) y (Zhou et al., 2006) este último recomienda la Ecuación 1.2.

Ecuación 1.2

$$r_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\max\{x_{ij}\}} & \text{si } V_j \text{ satisface "a mayor valor mejor"} \\ \frac{\min\{x_{ij}\}}{\{x_{ij}\}} & \text{si } V_j \text{ satisface "a menor valor mejor"} \\ \frac{\min\{x_{ij}, x_j^0\}}{\max\{x_{ij}, x_j^0\}} & \text{si } x_j^0 \text{ es el valor ideal para } V_j \end{cases}$$

r_{ij} : Valor de la variable normalizada: valor entre 0 y 1.

x_{ij} : Valor de la medición de la variable.

x_j^0 : Valor ideal para v_j .

v_j : variable a normalizar.

Como se puede apreciar los valores normalizados utilizando la Ecuación 1.2 son fáciles de interpretar y además tiene en cuenta la naturaleza del indicador. Ha sido uno de los más usados pues es de fácil entendimiento para personas no expertas.

➤ **Método Min-Max**

También es conocido como el método, de la distancia al mejor y al peor desempeño pues escala los valores entre esos dos estados. Un ejemplo práctico de la aplicación de este método se puede apreciar en el cálculo del Índice de Desarrollo Humano Territorial en Cuba (Méndez Delgado and Lloret Feijoó, 2012b) para determinar la medida crítica en función del valor deseable del indicador y el valor de privación fijado (Ecuación 1.3).

Ecuación 1.3

$$IP_i = \frac{\max X_i - X_i}{\max X_i - \min X_i}$$

IP_i : Medida crítica (de privación) del indicador.

x_i : Valor real alcanzado del parámetro seleccionado para el indicador.

$\max X_i$: Valor máximo (deseable) del parámetro seleccionado para el indicador.

$\min X_i$: Valor mínimo fijado (máxima privación admisible) del parámetro seleccionado para el indicador.

Al ser ésta una medida de privación para obtenerse el valor porcentual normalizado de cumplimiento del indicador se utiliza la Ecuación 1.4 presentada por (Damjan and Glavic, 2005):

Ecuación 1.4

$$IP_i = 1 - \frac{\max X_i - X_i}{\max X_i - \min X_i}$$

IP_i : Indicador porcentual normalizado.

x_i : Valor real alcanzado del parámetro seleccionado para el indicador.

\max_{X_i} : Valor deseable del parámetro seleccionado para el indicador.

\min_{X_i} : Valor fijado de máxima privación admisible para el indicador.

Para el caso específico de los indicadores de sostenibilidad los valores deseables y de privación pueden fijarse tomando determinados valores de referencia o tomarse de los máximos y mínimos de una serie de datos histórica. A pesar de las críticas a este método, si los límites están bien estimados (máximos y mínimos empíricos), los resultados son más que aceptables (Castro Bonaño, 2002).

1.4.3 Pesos de los indicadores

En particular, para el uso de ponderaciones se puede diferenciar entre:

- a) La medida de la distancia de los indicadores simples con respecto a un nivel de referencia.
- b) La opinión de los expertos o bien el reflejo de las preferencias sociales en base a algún tipo de encuesta. Esta tarea resulta más complicada porque los indicadores deben ponderarse de acuerdo a su contribución a la sostenibilidad.

➤ Proceso de las jerarquías analíticas

El proceso de la jerarquías analíticas (Analytic Hierarchy Process, AHP siglas en inglés) es una técnica de decisión multicriterio, la cual fue desarrollada por (Saaty, 1980). AHP es una herramienta que permite combinar factores cualitativos y cuantitativos en el proceso de selección y es usado para establecer prioridades en una compleja situación problemática donde intervengan varios factores. Este método permite la cuantificación de la prioridad relativa de cada alternativa en una escala de que enfatiza la importancia intuitiva de los

decisores y la consistencia de sus juicios al establecer comparaciones entre las varias alternativas. (San-José Lombera and Cuadrado Rojo, 2010). Proporciona una forma de análisis flexible y fácil de entender problemas complicados, usando una estructura jerárquica y provee a los decisores una fuerte base para el proceso de toma de decisiones.

El método AHP compara los criterios por pareja según escala o intensidad de preferencia de Saaty la cual varía desde el valor 1 que indica la igualdad en la preferencia de dos criterios y el valor 9 significa que un criterio es nueve veces más importante que otro. Con la selección de criterios a pares y sus resultados se construye la matriz de decisión (Medel González, 2012).

En los últimos años varias investigaciones han ilustrado la preferencia de asignación sobre ciertos atributos por encima o por debajo de otros siempre que la información no esté completa. El campo de la ingeniería ambiental y la sostenibilidad no han escapado a esta preferencia, algunos ejemplos de la aplicación del AHP en estas ramas se pueden apreciar en, (Tao and Hung, 2003), (Damjan and Glavic, 2005), (Castellanos-Abella and Van Westen, 2007), (Gómez-Limón and Riesgo, 2008) y (San-José Lombera and Cuadrado Rojo, 2010).

Según (Toledo Hernández et al., 2010) el AHP es el método de decisión multicriterio más referenciado en la literatura en los últimos 20 años. Otros como (Hermansa et al., 2008) plantean que esta ha sido una de las técnicas más usadas para la evaluación de los pesos de los indicadores ambientales tomando como ejemplos: Indoor Environment Index (Chiang and Lai, 2002) y Environmental Friendliness (Puolamaa et al., 1996). También (Saaty, 2003) plantea que los pesos k_i de los indicadores de sostenibilidad son generalmente obtenidos haciendo uso del método de decisión AHP.

Existe un software que soporta a la herramienta AHP llamado *Expert Choice* que permite la construcción de modelos jerárquicos, la realización de los cálculos del resultado de las comparaciones a pares y otras funcionalidades.

A pesar de la amplia aceptación del AHP en la construcción de índices, este brinda una visión poco realista de fenómenos naturales que en ocasiones suelen ser más complejos, con un mayor número de relaciones e interrelaciones convirtiendo el modelo en una estructura compleja.

➤ **Procesos de redes analíticas**

El Analytic Network Process, (ANP siglas en inglés), fue desarrollada por Saaty en 1996, provee una herramienta para lidiar con las decisiones sin asumir la independencia de los elementos de un nivel superior a los elementos de un nivel inferior y sobre la independencia de los elementos dentro de un nivel como una jerarquía. El ANP hace una extensión del método AHP para los problemas con dependencias y retroalimentación entre los criterios usando el enfoque de la “súper-matriz”(Saaty, 1996). Según (Toledo Hernández, 2010) ANP no obedece al axioma de independencia entre criterios o influencia entre alternativas. Con respecto a la estructura de la decisión (Saaty and Saaty, 2003) observa que el ANP hace uso de las redes sin la necesidad de especificar niveles. Como en el AHP, la dominación o la importancia relativa de influencia es un concepto central, la ampliamente divulgada teoría multicriterio AHP es un caso especial del ANP.

El ANP está compuesto por dos partes:

1. Control de la jerarquía o la red de objetivos y criterios que controlan las interacciones del sistema bajo estudio.
2. Muchas subredes de influencias entre todos los elementos y grupos del problema, uno por cada criterio de control.

La diferencia entre una jerarquía y una red se pueden apreciar en la

Figura 1.2 a) se observa una estructura lineal de arriba hacia abajo si relaciones de dependencia de niveles inferiores a los superiores. Además se asume la independencia entre las alternativas pues cada elemento se relaciona solo con el mismo.

En el b) se muestra una estructura de redes, a diferencia de una jerarquía, una red se expande en todas las direcciones y sus grupos, no encontrándose en un orden en particular.

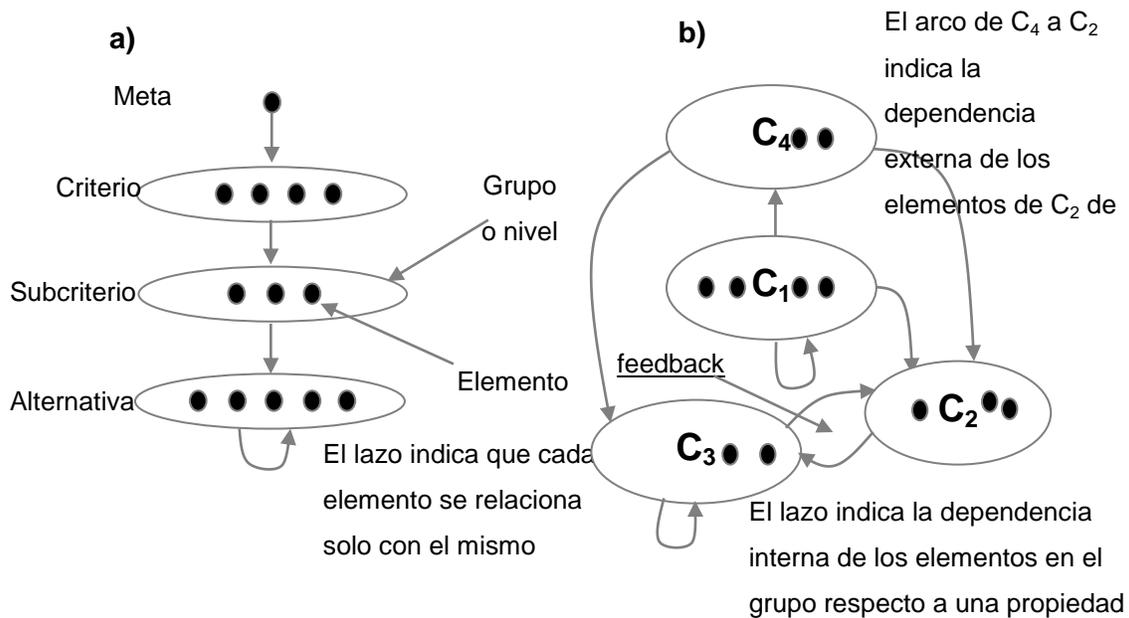


Figura 1.2 a) Modelo jerárquico AHP. b) Modelo de redes ANP. Tomado de: (Saaty and Saaty, 2003)

Una red puede ser generada a partir de una jerarquía incrementando gradualmente las interconexiones, logrando las conexiones de los grupos como se deseen. Algunos grupos tienen elementos que se relacionan entre ellos tienen un lazo de dependencia interna. La principal ventaja del ANP con respecto al AHP es que permite captar las principales dependencias entre los criterios y las alternativas logrando una mayor fidelidad del modelo con la vida real. (Medel González, 2012)

Para el AHP y ANP también existe un software llamado SuperDecisions desarrollado y coordinado por Saaty que facilita el proceso de cálculo y está disponible para descargar en el sitio <http://www.SuperDecisions.com>.

En los últimos años un aumento de la aplicación del ANP se evidencia en la producción científica; algunos ejemplos se pueden apreciar en (Wang et al., 2006), (Yüksel and Dagdeviren, 2010), (Toledo Hernández et al., 2010), (Banai and Wakolbinger, 2011), (Chia-Wei et al., 2011), todos estos en diferentes áreas del conocimiento lo que da idea del éxito que ha tenido esta herramienta a nivel mundial.

1.4.4 Métodos de agregación

➤ Suma ponderada

También es conocido como el método de la suma ponderada (MSP), es uno de los métodos de agregación más usado para la construcción de índices compuestos ejemplos (Esty et al., 2005), (Broche Fernández, 2009) y puede ser formulado como la Ecuación 1.5:

Ecuación 1.5

$$I_i = \sum_{j=1}^{j=n} w_j r_{ij} \quad i = 1, 2 \dots m$$

Una de las premisas que se debe de tener en cuenta a la hora de aplicar este método según (Zhou et al., 2006) es:

1. La preferencialidad de independencia que deben de gozar las variables lo cual puede ser difícil de satisfacer en la composición de un índice ambiental donde las variables están estrechamente relacionadas.
2. El MSP puede brindar una rápida falsa aproximación al valor ideal de la función.(Yoon and Hwang, 1995).
3. Otro problema es que los pesos tendrían el significado de intercambio de las proporciones demostrado por (Munda and Nardo, 2003).

A pesar de estos elementos el método ha sido ampliamente usado por su transparencia, facilidad de entendimiento y uso para las personas que no son expertos.

➤ Producto ponderado

El método del producto ponderado es un método donde las variables de pobre desempeño son penalizadas con mayor fuerza (Yoon and Hwang, 1995) y (Chang, 2001) ver Ecuación 1.6:

Ecuación 1.6

$$I_i = \prod_{j=1}^{j=n} (r_{ij})^{w_j} \quad i = 1, 2 \dots m$$

Según (Zhou et al., 2006) este método no ha sido muy usado para la construcción de índices compuestos en la rama ambiental.

➤ **Media geométrica ponderada**

Ha sido uno de los métodos que más ha llamado la atención en la construcción de índices ambientales a lo largo del mundo, ejemplos citados por (Zhou et al., 2006) lo demuestran (Kang et al., 2002), (Esty et al., 2005) y (Ebert and Welsch, 2004). La Ecuación 1.7 representa la fórmula de cálculo de la media geométrica ponderada.

Ecuación 1.7

$$I_i = \prod_{j=1}^{j=n} (w_j r_{ij})^{1/n} \quad j = 1, 2, \dots, m$$

La principal desventaja de este método respecto a esta investigación es que se va a acercar asintóticamente al valor máximo y nunca lo va alcanzar, la principal ventaja es que es muy difícil que dos productos ponderados den el mismo valor (a no ser que tengan los mismos valores), no siendo así en la suma ponderada.

1.5 Evaluación del desarrollo sostenible en Cuba

La voluntad de Cuba con relación al medio ambiente y los recursos naturales se manifiesta en la promulgación en 1993 el artículo 27 de la Constitución de la República, que expresa:

“El Estado protege el medio ambiente y los recursos naturales del país. Reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras. Corresponde a los órganos competentes aplicar esta política. Es deber de los ciudadanos contribuir a la protección del agua, la atmósfera, la conservación del suelo, la flora, la fauna y todo el rico potencial de la naturaleza.”

Con la aprobación de los *“Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución”* en el VI Congreso del Partido Comunista de Cuba se ratificó, específicamente

en el lineamiento 133, que las políticas medioambientales del país deben estar encaminadas a:

“Sostener y desarrollar investigaciones integrales para proteger, conservar y rehabilitar el medio ambiente y adecuar la política ambiental a las nuevas proyecciones del entorno económico y social. Priorizar estudios encaminados al enfrentamiento al cambio climático y, en general, a la sostenibilidad del desarrollo del país. Enfatizar la conservación y uso racional de recursos naturales como los suelos, el agua, las playas, la atmósfera, los bosques y la biodiversidad, así como el fomento de la educación ambiental.”

En el contexto de la política ambiental para un desarrollo económico y social sostenible, Cuba ha venido trabajando durante años en el desarrollo de un conjunto de indicadores que representen de modo adecuado el quehacer ambiental de las autoridades y de toda la sociedad cubana en el alcance de las metas de nuestra sostenibilidad (CITMA et al., 2009). No obstante esto, las evaluaciones de sostenibilidad no se han difundido lo suficiente. Los mayores esfuerzos han estado dirigidos a la elaboración de reportes oficiales de la nación y en el sector turístico, sin embargo las administraciones provinciales, no cuentan con procedimientos de evaluación de sostenibilidad a través de sistemas de indicadores que consideren e integren los factores ecológicos, económicos y sociales y les permitan conocer las tendencias, el cumplimiento de objetivos y les brinden la posibilidad de intervenir oportunamente.

A escala nacional se han realizado algunas aproximaciones en torno al tema como:

Se elaboró el informe *“Evaluación del Medio Ambiente Cubano: GEO Cuba 2007”*, (AMA et al., 2009). En dicho documento se examina el período 2000-2007 y se aplica la metodología GEO del PNUMA que toma en cuenta las prioridades e identifica los principales indicadores ambientales mediante el análisis de las fuerzas motrices, las presiones, el estado, el impacto, las respuestas, así como las interrelaciones que se producen en el medio ambiente. Entre los resultados de esta evaluación, se indica que es prioritario profundizar en el perfeccionamiento de indicadores, que midan con mayor efectividad los cambios en el estado del medio ambiente y su repercusión sobre la sociedad; la obtención

de mayor información cuantificable y sistematizada sobre los diferentes componentes del medio ambiente; el empleo de los sistemas de información geográfica, para hacer más comprensible los resultados que se obtengan; y su divulgación con un lenguaje dirigido para una mejor comprensión del contenido que contribuya a elevar la participación ciudadana (AMA et al., 2009).

El informe “*Situación Ambiental Cubana 2004*” (CITMA and AMA, 2005), contiene un compendio de indicadores ambientales y socioeconómicos que permiten conocer algunas tendencias del clima y los recursos hídricos; el balance de la dinámica forestal; los resultados de la aplicación del Programa de Mejoramiento y Conservación de los Suelos; los avances alcanzados en la aplicación del concepto de Producción Más Limpia; una actualización del diagnóstico de las principales bahías cubanas, así como un balance resumido de los principales efectos de la sequía en el país (CITMA and AMA, 2005).

En el año 2010, se presentó el informe “*Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible: Indicadores de seguimiento: Cuba 2009*” que se elaboró con el objetivo de divulgar el progreso alcanzado por Cuba, respecto a los compromisos asumidos en la Conferencia de Rio de Janeiro en 1992 y en Johannesburgo en el año 2002. El informe, presenta un total de 59 indicadores consensuados a nivel nacional, de los cuales 9 son de seguimiento a las metas de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) (CITMA et al., 2009).

En el sector turístico se han realizado varias evaluaciones de la sostenibilidad, dada la importancia del sector para la economía cubana y la necesidad de proteger los ecosistemas costeros y montañosos de los impactos que genera. Entre ellas se encuentran las siguientes: Como parte del proyecto “*Diagnóstico de la actividad turística en Viñales (Cuba) y tendencias de su desarrollo sostenible*” (Pérez Albert and Nel Lo Endreu, 2013) seleccionaron y aplicaron un sistema de indicadores adaptados al destino turístico Valle de Viñales con el objetivo de valorar su sostenibilidad respecto al ámbito medioambiental y social y realizar propuestas de mejora.

En el trabajo realizado por (Salina Chávez and La O Osorio, 2006) el procedimiento metodológico utilizado para el estudio de la sostenibilidad en el litoral de la provincia de Holguín se basó en la concepción del ordenamiento geoecológico o ambiental. Como resultado obtuvo un sistema de indicadores que permite evaluar de forma sintética el grado

de sustentabilidad turística usando como unidades de referencia espacial las Unidades de Gestión Turística (UGT). Estas unidades se caracterizan por la homogeneidad de sus atributos naturales, económicos y socioculturales.

También se destacan los sistemas de indicadores diseñados por (Martínez de la Vega et al., 2014) para medir la sostenibilidad turística de instalaciones y destinos de la provincia de Villa Clara y el ecosistema Sabana-Camagüey, entre otros. Estos sistemas de indicadores, se estructuran de acuerdo a las tres dimensiones del desarrollo sostenible y su objetivo es calcular el Índice de Sustentabilidad Turística. El instrumento que apoya la recogida de datos y el cálculo de dicho índice es un libro Excel.

Por otra parte, en nuestro país se desarrolló una metodología robusta para medir el desarrollo territorial a nivel provincial, a través del cálculo del Índice de Desarrollo Humano Territorial (IDHT) que a pesar de no considerar indicadores medioambientales ha demostrado su efectividad para diagnosticar el desarrollo socioeconómico de los territorios (Méndez Delgado and Lloret Feijoó, 2012a).

Como se puede apreciar en la literatura consultada la evaluación de la sostenibilidad a escala provincial ha sido un tema que a pesar de su importancia para la toma de decisiones no ha sido abordado en Cuba profundamente, más bien los trabajos más relevantes se enfocan en medir la sostenibilidad a nivel nacional y en el sector turístico, encontrándose limitaciones en cuanto a su investigación y su aplicación práctica desde el punto de vista metodológico, así como en el soporte informático para la gestión de la información.

Conclusiones parciales

1. No existe una receta universal para diseñar e implementar indicadores adecuados, sino que cada país o institución deberá realizar un diseño propio que garantice que los indicadores producidos sean realmente útiles para la toma de decisiones.
2. La literatura científica consultada evidencia que a pesar de la diversidad de marcos ordenadores que se han descrito para la presentación de indicadores de desarrollo sostenible actualmente los más utilizados son los marcos temáticos, pues permiten estructurar el sistema de indicadores de acuerdo a las condiciones institucionales de los países y a las prioridades de sostenibilidad en sí, han demostrado ser flexibles y efectivos para la representación de las dinámicas multisectoriales y complejas de la sostenibilidad.
3. La literatura destaca diferentes métodos para la normalización siendo el método de normalización lineal efectivo para estandarizar los indicadores de desarrollo sostenible pues posibilita medir la distancia al objetivo de sostenibilidad definido para el indicador. El método de ponderación multicriterio AHP es la herramienta multicriterio más usada en los últimos veinte años. La técnica de agregación de la suma simple ponderada, resulta útil en la integración de los indicadores en un índice agregado ya que ha sido ampliamente usado por su transparencia, facilidad de entendimiento y uso para las personas que no son expertos.
4. La literatura evidencia la carencia de una guía que permita seleccionar, definir, recopilar e integrar indicadores de sostenibilidad para las provincias cubanas que combine las tres dimensiones principales del desarrollo sostenible: ambiental, económica y social.
5. Se ha percibido que existen insuficiencias de herramientas informáticas que soporten la evaluación de la sostenibilidad.

2 CAPÍTULO II: PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DEL DESARROLLO SOSTENIBLE EN LAS PROVINCIAS CUBANAS

Como se pudo apreciar en el Capítulo 1, los indicadores de sostenibilidad juegan un papel fundamental en el seguimiento, evaluación y gestión del desarrollo sostenible. El estudio del marco teórico referencial evidenció la necesidad de desarrollar un procedimiento metodológico para evaluar el desarrollo sostenible de forma integral en las provincias cubanas. En este capítulo se describe una propuesta para alcanzar dicho propósito, se toma como referencia la metodología Biograma 2008 (Sepúlveda S., 2008), desarrollada por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) con el objetivo de medir el desarrollo rural sostenible desde un enfoque territorial y otras similares (Medel González, 2012).

2.1 Características del procedimiento

El procedimiento propuesto es un instrumento que tiene por objetivo estimar, y a la vez, representar de manera rápida, el grado relativo de desarrollo sostenible en el territorio, con la expectativa de que dicha “estimación” provea una base para el diseño de políticas e inversiones orientadas a la aplicación de medidas correctivas y preventivas.

Al aplicar el procedimiento se obtiene el Índice de Desarrollo Sostenible Territorial (IDST) y un sistema de indicadores de desarrollo sostenible organizado mediante un marco ordenador temático, que permite visualizar con más detalle el comportamiento de los indicadores que componen el índice. Ambos instrumentos se complementan para intentar evaluar el estado de desarrollo sostenible del territorio analizado en un período determinado.

Las dimensiones se definen como aquellos diversos componentes del sistema que se analizarán, en coherencia con el concepto de desarrollo sostenible. Sin embargo, cabe señalar que las dimensiones podrán variar dependiendo del territorio seleccionado y el fenómeno que se desee analizar.

El procedimiento se sustenta sobre los principios siguientes:

- a) **Pertinencia:** relacionada con la propuesta de un procedimiento para la evaluación de la sostenibilidad, que se adecua a las condiciones existentes y a la necesidad de las

autoridades cubanas de darle seguimiento a las cuestiones de la sostenibilidad en los territorios para actuar oportunamente.

- b) Racionalidad: de acuerdo con la relación gasto - beneficio que se requiere para su aplicación.
- c) Consistencia lógica: en función de la ejecución de sus pasos en la secuencia planteada y la correspondencia con la lógica de la ejecución de este tipo de estudio.
- d) Generalidad: posibilidad de su extensión como instrumento metodológico para la evaluación del desarrollo sostenible en las provincias cubanas.

2.2 Descripción del procedimiento propuesto

El procedimiento metodológico se ha estructurado en cuatro fases principales:

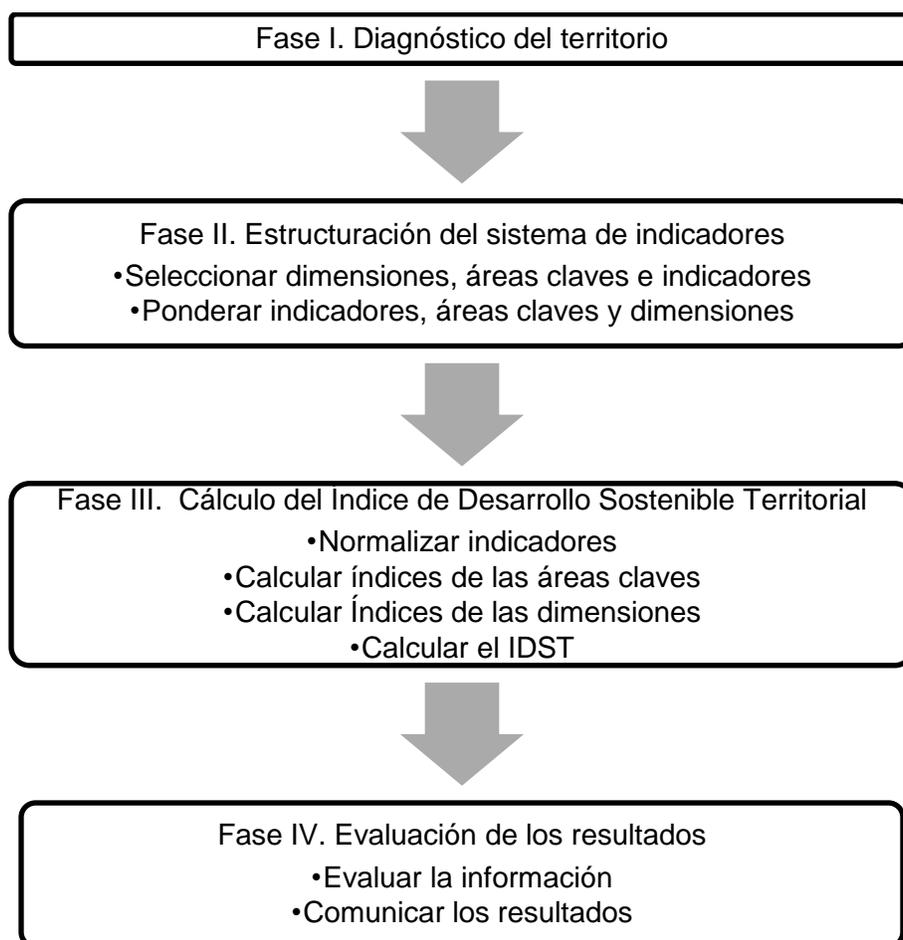


Figura 2.1 Estructura del procedimiento propuesto para la evaluación del desarrollo sostenible.

2.2.1 Fase I. Diagnóstico del territorio

En esta fase se estudian las características del territorio en la cual se realizará la evaluación del desarrollo sostenible y por consiguiente en donde se implementarán estrategias, políticas e inversiones para superar las limitantes responsables de los desequilibrios espaciales.

También se deben determinar las principales potencialidades y vulnerabilidades en la esfera económica, social y ambiental.

Para realizar el diagnóstico podemos obtener información de diversas fuentes:

- Información estadística,
- Información institucional,
- Bibliografía existente (estudios realizados, monografías, prensa, etc.),
- Entrevistas a especialistas y pobladores,
- Observación del territorio.

El análisis de la situación ambiental del territorio debe incluir los aspectos ambientales más significativos y los principales factores que inciden en el agotamiento y la contaminación de los recursos naturales.

2.2.2 Fase II. Estructuración del sistema de indicadores

- **Paso 2.1** Seleccionar las dimensiones y áreas claves

El sistema de indicadores que servirá de base para la evaluación del desarrollo sostenible en el territorio y para el cálculo del IDST se estructura en dimensiones. Las tres dimensiones principales del desarrollo sostenible son: ambiental, económica y social, pero el usuario puede considerar otras dimensiones como la política-institucional y la cultural.

En cada dimensión deben definirse las áreas claves o temas de mayor relevancia para la sostenibilidad, basándose en el diagnóstico realizado en la fase anterior.

- **Paso 2.2** Seleccionar los indicadores

La elección de los indicadores es una materia delicada, pues deben estar apropiadamente sustentados por bases teóricas relacionadas con cada dimensión analizada por lo que el criterio y la validación de expertos adquiere importancia en este punto. De manera general, los indicadores seleccionados deben estar en correspondencia con los principios básicos del desarrollo sostenible: equidad, conservación, eficiencia y gobernabilidad.

Debe elaborarse un listado inicial de indicadores que reflejen coherentemente las variables explicativas para cada dimensión y área clave; deben responder a los objetivos de sostenibilidad que se hayan planteado. Luego se seleccionarán aquellos indicadores de los que se dispongan datos, pues en ocasiones los sistemas estadísticos territoriales no disponen de todos los datos que podrían considerarse relevantes y esto afectaría el cálculo del IDST. Posteriormente se somete el conjunto de indicadores seleccionados en cada dimensión a un análisis multifactorial aplicando la técnica de Análisis de Componentes Principales para reducir el conjunto de variables, eliminando las correlaciones.

Los resultados del análisis multifactorial deben someterse al criterio de los expertos para determinar el conjunto final de indicadores.

A la vez que se seleccionan los indicadores, debe definirse si éste tiene una relación positiva o negativa con el desarrollo. Es decir, si el aumento del valor del indicador refleja una situación mejor o peor para la dimensión. Si un aumento en el valor del indicador resulta en una mejoría del sistema, se considera que se tiene una relación positiva. Por el contrario, si un aumento en el valor del indicador empeora la situación, se tiene una relación inversa o negativa (Sepúlveda S., 2008).

Un aspecto muy importante en esta fase es establecer los umbrales de sostenibilidad o valores de referencia (valores mínimos, máximos, o intervalos) sobre la base de los cuales se comparará el comportamiento de los indicadores. Para alcanzar este propósito se tendrán en cuenta algunos de los siguientes aspectos según el indicador en cuestión:

- a) Normas nacionales e internacionales,
- b) Valores extremos obtenidos del análisis estadístico independiente de las series de datos,
- c) Consideraciones empíricas de los expertos.

Posteriormente se procede a confeccionar la ficha de los indicadores la cual va a permitir almacenar información del indicador como:

- *Nombre del Indicador:* Describe de manera sintética y clara el objetivo del indicador.
- *Dimensión:* Nombre de la dimensión a la que está asociado.
- *Área clave:* Nombre del área temática clave a la que está asociado.
- *Descripción:* se especificará una breve descripción del significado del indicador.

- *Unidad de Medida:* Unidades en la que será expresada el indicador.
 - *Fuente:* Fuente de la que se obtienen los datos del indicador.
 - *Método de Cálculo:* Indica cuáles son las bases teóricas-científicas en las cuales se basan los métodos de medición requeridas. Representación matemática del indicador.
 - *Umbrales de sostenibilidad:* Metas establecidas para el indicador.
- **Paso 2.3** Determinar los pesos de los indicadores en cada área clave, de las áreas claves en la dimensión y de las dimensiones respecto a la sostenibilidad del sistema.

En este paso se determinan los pesos relativos de los indicadores en las áreas claves, los pesos de las áreas claves en cada dimensión y de las dimensiones respecto al sistema si fuera necesario. Para ello se utilizará el método AHP propuesto por Saaty en 1980 y se hará uso del software *Expert Choice versión 11.0*. Se propone el siguiente flujo de trabajo (Ver Figura 2.2):

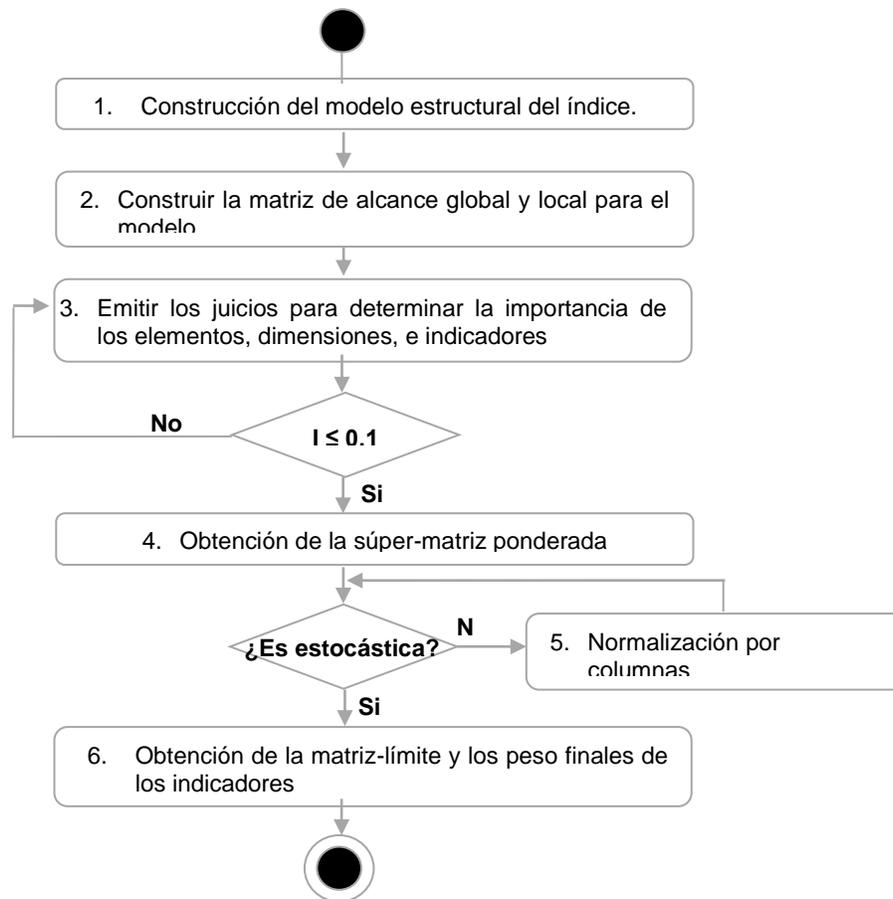


Figura 2.2 Flujo de trabajo para el cálculo de los pesos relativos. Tomado de: (Medel González, 2012)

Los seis pasos se describen a continuación:

1. Construcción del modelo estructural del índice. Para este paso se utilizara el software Expert Choice.
2. Construir la matriz de alcance local para el modelo: en este paso se identifican las dimensiones, los indicadores seleccionados en cada una y relaciones causales que puedan existir entre ellos, para esto se hace uso de una tabla binaria como se muestra en el ejemplo 2.6. Se comienza a preguntar si existe relación entre el nodo E1 y E1, E2, E3, F y así sucesivamente descendiendo por la columna de E1 hasta llegar a la última fila. En caso de existir relación toma valor 1 sino toma valor 0 (ver Figura 2.3).

	E1	E2	E3	F	S	PI	CA
E1	0	0	0	0	0	0	0
E2	0	0	0	0	0	0	0
E3	0	0	0	0	0	0	0
F	1	1	1	0	0	0	0
S	1	1	1	0	0	0	0
PI	1	1	1	0	0	0	0
CA	0	1	0	0	0	0	0

Figura 2.3 Ejemplo de matriz de alcance local. Tomado de: (Medel González, 2012)

3. Emitir los juicios para determinar la importancia de los elementos, perspectivas e indicadores: en este paso se emiten los juicios de los expertos tanto para los nodos de un grupo, como para la relación de un nodo de un grupo con respecto a otro nodo de diferente grupo (ejemplo relación entre los nodos de diferentes grupos E1 y F). En todos los casos la inconsistencia tiene que ser menor que el 10% para que se acepte el juicio de los expertos de lo contrario se procede a emitir nuevamente los juicios.
4. Obtención de la súper-matriz ponderada: es el resultado de la multiplicación de los pesos locales obtenidos en el paso anterior por los pesos del grupo. La suma de sus columnas tiene que ser igual a la unidad.
5. En caso de que las sumas de las columnas no den igual a uno se procede a normalizar por columnas.

6. Obtención de la matriz-límite: se obtiene de elevar a potencias de 2 la súper-matriz ponderada hasta que se estabilice (todas las columnas tienen los mismos valores) siendo los valores de las columnas los pesos relativos por grupos, quedando calculados.

Vale la pena destacar que con el software *SuperDecisions* se facilitan el cálculo de los pesos de los indicadores e índices y solo son necesarios los tres primeros pasos.

2.2.3 Fase III. Cálculo del Índice de Desarrollo Sostenible Territorial

El *IDST* sintetiza en un índice el progreso o retroceso hacia el objetivo de desarrollo sostenible, a fin de verificar de forma simple y continuada, la efectividad de las políticas públicas.

El cálculo del *IDST* se realiza aplicando una suma ponderada de los índices de las dimensiones definidas. Se propone que cuando se hayan seleccionado solamente las tres dimensiones principales del desarrollo sostenible (ambiental, económica y social) los pesos sean iguales para que exista equilibrio entre ellas, pero si el usuario decide incluir otras como la política-institucional y/o la cultural queda a su criterio la ponderación de las mismas, la cual debe estar validada por la consideración de expertos.

▪ Paso 3.1 Normalización de los indicadores

Uno de los principales problemas que se afronta en esta fase es la diversidad de unidades de medidas que pueden encontrarse en los indicadores seleccionados, lo que puede dificultar la integración de los mismos en un índice. Por tanto debe realizarse un proceso de normalización de todos los indicadores.

Para estandarizar los indicadores en una escala de 0 a 100 se utilizará la siguiente función:

Ecuación 2.1:

Ecuación 2.1

a) Si el indicador i satisface “**a mayor valor mejor**”

$$IP_i = \begin{cases} \frac{x_i}{V_{xi}^*} \\ 1; x_i \geq V_{xi}^* \end{cases}$$

b) Si el indicador i satisface “**a menor valor mejor**”

$$IP_i = \begin{cases} \frac{V_{Xi}^*}{x_i} \\ 1 ; x_i \leq V_{Xi}^* \end{cases}$$

c) Si el valor deseado para el indicador i es un intervalo ($V_{Xi}^* \min; V_{Xi}^* \max$)

$$IP_i = \begin{cases} \frac{x_i}{V_{Xi}^*} ; x_i < V_{Xi}^* \min \\ 1 ; V_{Xi}^* \min \leq x_i \leq V_{Xi}^* \max \\ \frac{V_{Xi}^*}{x_i} ; x_i > V_{Xi}^* \max \end{cases}$$

Dónde:

IP_i : Valor normalizado del indicador i .

X_i : Valor real alcanzado del parámetro seleccionado para el indicador.

V_{Xi}^* : Valor deseable para el indicador i .

La normalización se puede realizar respecto a los valores de referencia seleccionados para cada indicador, considerándola como una estandarización en términos de distancia respecto al valor objetivo de cada indicador. Estos valores de referencia pueden establecerse considerando límites establecidos por normas nacionales e internacionales si existen o los valores máximos o mínimos recogidos en las series de datos disponibles, teniendo en cuenta la tendencia del indicador.

Cuando el valor deseado o el valor real del indicador toman el valor cero, deben sustituirse por un valor muy próximo a él para evitar resultados erróneos.

Tras esta normalización, todos los indicadores son adimensionales, tomando valores en el intervalo (0,1). Un valor próximo a cero indica que, en la dimensión recogida por el indicador específico, se está lejos del objetivo marcado. De forma complementaria, un valor del indicador normalizado próximo a 1 refleja que se cumple el objetivo definido para la consecución del desarrollo sostenible.

- Paso 3.2 Cálculo de los índices de cada área clave

Se calcula el valor correspondiente a cada área clave con la siguiente expresión (Ecuación 2.2):

Ecuación 2.2

$$IAC_j = \sum_{i=1}^{i=n} W_{ij} IP_i$$

IAC_j : Índice del área clave j .

W_{ij} : El peso relativo del indicador i en el área clave j .

IP_i : Valor normalizado del indicador i .

Una vez se hayan calculado los índices de todas las áreas claves se calcula el índice de las dimensiones.

- Paso 3.2 Cálculo de los índices de cada dimensión

Se calcula del IDS siguiendo con la siguiente expresión (Ecuación 2.3):

Ecuación 2.3

$$ID_k = \sum_{j=1}^{j=n} W_{jk} IAC_j$$

ID_k : Índice de la dimensión k .

W_{jk} : El peso relativo del área clave j en la dimensión k .

IAC_j : Valor normalizado del área clave j .

- Paso 3.2 Cálculo del IDST

Se calcula el *IDST* aplicando la suma ponderada de los índices de las dimensiones (Ecuación 2.4).

Ecuación 2.4

$$IDST = \sum_{k=1}^{k=n} W_k ID_k$$

Dónde:

$IDST$: Índice de Desarrollo Sostenible Territorial.

W_k : El peso de la dimensión k .

ID_k : Valor del índice de la dimensión k .

n : Cantidad de dimensiones.

2.2.4 Fase IV. Análisis de los resultados

- **Paso 4.1** Evaluar la información de los indicadores y del desarrollo sostenible territorial

En esta etapa se realiza una valoración de los resultados, la cual debe ser coherente con las metas y el alcance propuesto.

Del análisis de *IDST* y de los índices que lo componen se podrá determinar cuáles son los puntos críticos que más están afectando al territorio para reorientar los esfuerzos de las administraciones hacia los indicadores en peores condiciones.

Para identificar los potenciales de mejora que más influyen en el *IDST* se propone la Ecuación 2.5.

Ecuación 2.5

$$\text{Potencial de mejora}_{ij} = W_k * W_{jk} * W_{ijk}(1 - IP_i)$$

W_j : El peso relativo de la dimensión j .

W_{kj} : El peso relativo del área clave k dimensión j .

W_{ikj} : El peso relativo del indicador i en el área clave j que corresponde a la dimensión k .

IP_i : Valor normalizado del indicador i .

Esta fórmula toma en cuenta el complemento del indicador definido, o sea el valor numérico que falta para llegar a la meta y los pesos del indicador, del área clave y de la dimensión.

El potencial de mejora ofrece una idea de comportamiento de los indicadores en relación a la sostenibilidad en función de su importancia relativa.

Para establecer una relación entre el valor numérico del *IDST* y una evaluación cualitativa del desarrollo sostenible territorial según el cumplimiento de las metas establecidas, se propone utilizar la escala de la Tabla 2.1 tomando como base la que se aplica en la metodología Biograma 2008 presentada por (Sepúlveda S., 2008).

Tabla 2.1 Escala de evaluación del desarrollo sostenible.

Rango	Nivel de evaluación	Color
0.80 \square <i>IDST</i> \square 1.00	Situación óptima del sistema.	Verde
0.60 \square <i>IDST</i> $<$ 0.80	Sistema estable del sistema.	Azul
0.40 \square <i>IDST</i> $<$ 0.60	Situación inestable del sistema.	Amarillo
0.20 \square <i>IDST</i> $<$ 0.40	Situación crítica del sistema.	Anaranjado
<i>IDST</i> $<$ 0.20	Alta probabilidad de colapso del sistema.	Rojo

▪ **Paso 4.2** Comunicar los resultados

La interpretación del *IDST* puede favorecer y establecer un canal de comunicación efectivo con las partes interesadas en el desarrollo sostenible territorial, ya sean las administraciones, las instituciones o la población del territorio.

En esta etapa debe de quedar confeccionado un informe con los principales resultados de la aplicación del procedimiento que ayude a las administraciones al mejoramiento continuo de las estrategias en cada una de las dimensiones.

Conclusiones parciales

1. El procedimiento propuesto en el presente capítulo permite evaluar el desarrollo sostenible en un territorio, estableciendo una línea de acción para seleccionar, recopilar, analizar, integrar y evaluar los indicadores ambientales, económicos y sociales principalmente.
2. El *IDST* contribuye a evaluar la sostenibilidad con su alto poder de síntesis y comparabilidad. Del análisis de dicho índice y de los indicadores que lo componen se podrá determinar cuáles son los puntos críticos que más afectan al territorio y reorientar los esfuerzos para resolverlos.
3. La eficacia del *IDST* requiere de una cuidadosa selección de los indicadores que lo conforman, así como de una adecuada ponderación de los mismos. La selección de indicadores debe considerar los principios del desarrollo sostenible y las prioridades de la sostenibilidad en los territorios. Se recomienda utilizar técnicas estadísticas de análisis multifactorial para eliminar posibles correlaciones en los indicadores seleccionados y el método AHP para el calcular los pesos relativos de los indicadores en cada dimensión.

3 CAPÍTULO III: DISEÑO DE LA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA EVALUACIÓN DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

Las tecnologías de la información pueden jugar un rol importante en la evaluación de la sostenibilidad por el potencial que poseen en la recolección de datos, su almacenamiento, procesamiento y la diseminación de la información a las partes interesadas. El procedimiento propuesto en el capítulo anterior posee características propias, y no existen herramientas informáticas diseñadas que puedan soportarlo.

Una aplicación realizada en un entorno Web puede facilitar la evaluación de la sostenibilidad ya que es un proceso que involucra a múltiples organismos, instituciones y a la población en general y la diseminación de la información adquiere especial importancia. El trabajo en entornos web viabiliza la implementación de sistemas de gestión de la información, pues permiten: instalar la aplicación del lado del servidor y distribuirla fácilmente sin requerir una instalación o configuración en el lado del cliente; aumentar la accesibilidad y calidad de los datos, estructurar de forma homogénea los datos y eliminar la redundancia; reducir de tiempos por tratamiento manual de datos de diferentes reportes, así como comunicar rápidamente los resultados.

En el presente capítulo se describe una aplicación web que sirve de base computacional del procedimiento propuesto para la evaluación de la sostenibilidad territorial. Los objetivos principales de la aplicación son facilitar el cálculo del *IDST*, y la creación de reportes que puedan apoyar la toma de decisiones y la comunicación de los resultados. También se exponen las características de las herramientas usadas en la implementación de dicha aplicación.

3.1 Diseño de la aplicación informática

La herramienta de ayuda a la Ingeniería de Software (CASE, por sus siglas en inglés) usada para la construcción de los diagramas del Lenguaje Unificado de Modelación (UML, por sus siglas en inglés) fue Visual Paradigm for UML Enterprise Edition Versión 8.0.

3.1.1 Descripción de actores, casos de usos y clases persistentes

En la Figura 3.1 se muestra el diagrama de actores y casos de uso del sistema.

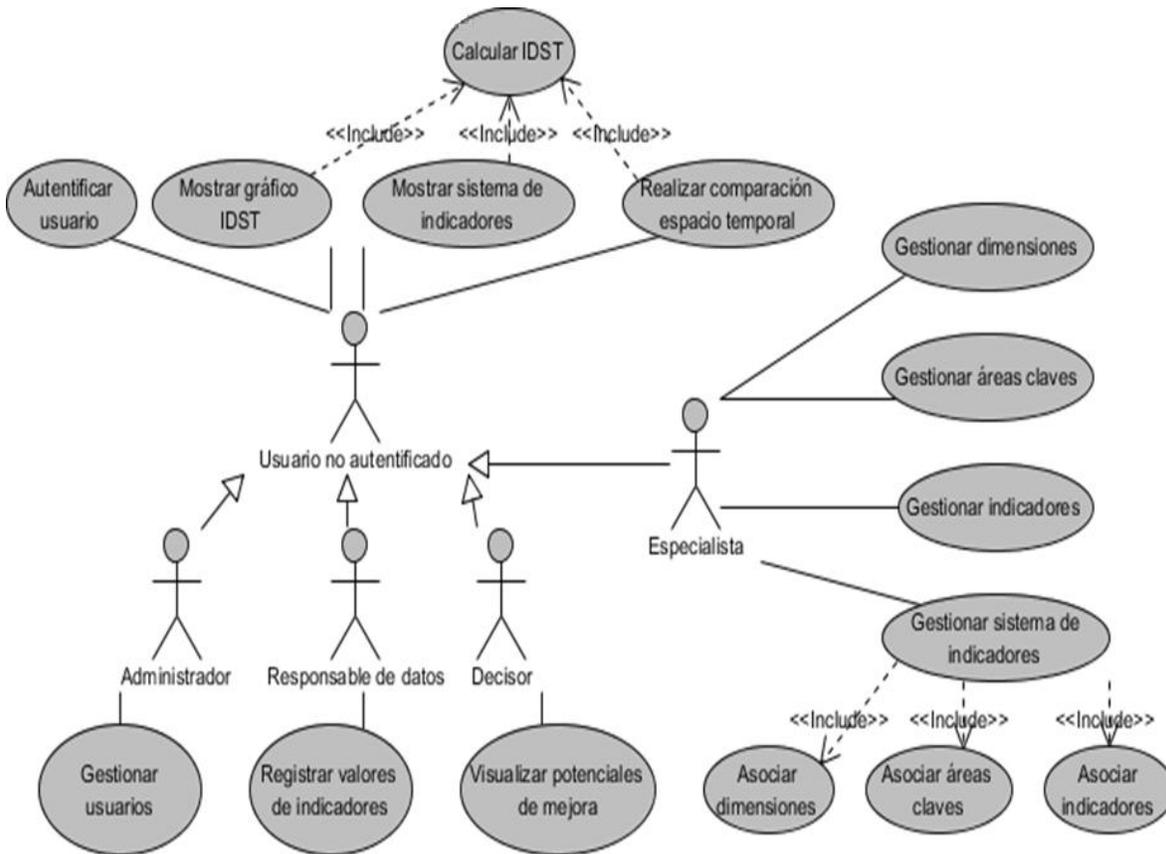


Figura 3.1 Diagrama de casos de uso.

Descripción de los actores y casos de uso:

Usuario no autenticado: constituye un usuario invitado del sistema, el cual tendrá acceso a autenticarse y a visualizar informes públicos.

Administrador: tiene el control de los usuarios del sistema y sus roles.

Especialista: es un usuario con conocimientos sobre el diseño de sistemas de indicadores de sostenibilidad. Podrá manipular los nomencladores y los sistemas de indicadores.

Responsable de datos: es el encargado de realizar las capturas de los registros de los indicadores que se hayan decidido incluir en el sistema de indicadores. Como precondition, el usuario debe estar autenticado en el sistema y el indicador haber sido creado previamente.

Decisor: se trata del encargado de tomar decisiones importantes en el territorio; pudiera ser algún directivo de la Asamblea Provincial del Poder Popular o del CITMA; se encargaría

de visualizar los gráficos y reportes que genera el sistema a partir de los indicadores y el IDST, con el objetivo de analizar y tomar decisiones fundamentadas.

- Caso de Uso asociados al Administrador:

Gestionar usuarios: Crear, modificar y eliminar usuarios de la aplicación. Al crearse el usuario debe asignarle el rol correspondiente. Como precondiciones, el administrador debe estar autenticado en el sistema.

- Casos de usos asociados al especialista:

Gestionar dimensiones: El especialista puede crear, modificar o eliminar dimensiones que se podrán utilizar para construir los sistemas de indicadores. Como precondición el usuario debe de estar autenticado en el sistema.

Gestionar áreas claves: El especialista puede crear, modificar o eliminar áreas claves que se podrán utilizar para construir los sistemas de indicadores. Como precondición el usuario debe de estar autenticado en el sistema.

Gestionar indicadores: El especialista puede crear, modificar o eliminar indicadores que se podrán utilizar para construir los sistemas de indicadores. Como precondición el usuario debe de estar autenticado en el sistema.

Diseñar sistema de indicadores: El especialista puede asignar las dimensiones que se evaluarán en un sistema, las áreas claves que componen cada una y los indicadores de cada área clave. Como precondiciones, el usuario debe de estar autenticado en el sistema y debe haberse creado previamente las dimensiones, áreas claves e indicadores.

- Casos de usos asociados al responsable de datos:

Registrar datos de indicadores: el responsable de datos es el encargado de realizar las capturas de los registros de los indicadores. Como precondición el usuario debe de estar autenticado en el sistema y el indicador haber sido creado previamente.

- Casos de usos asociados al decisor:

Visualizar potenciales de mejora: el decisor puede acceder al gráfico de los potenciales de mejora para conocer cuáles son los aspectos que más están afectando la sostenibilidad del territorio. Como precondición, el usuario debe de estar autenticado en el sistema.

- Caso de Uso asociados al Usuario no autenticado:

Autenticar usuario: El usuario puede autenticarse en el sistema introduciendo un usuario y contraseña. Como precondition, el usuario debe de existir en el sistema y la contraseña ser válida.

Mostrar gráfico de IDST: Los usuarios no autenticados pueden acceder al gráfico de telaraña que representa el IDST para un territorio y año, al que se le ha denominado Biograma. En este reporte también se muestran los índices por dimensiones y el gráfico que representa los valores normalizados de los indicadores.

Mostrar sistema de indicadores: Los usuarios no autenticados pueden acceder al sistema de indicadores detallado para un territorio y año.

Realizar comparación espacio temporal: Los usuarios no autenticados pueden acceder al reporte de comparación espacio temporal donde pueden evaluar el desarrollo sostenible en varios territorios que posean similares objetivos de sostenibilidad y en diferentes años.

Para una mejor comprensión de la estructura de la aplicación se presenta el diagrama de las clases persistentes (Figura 3.2).

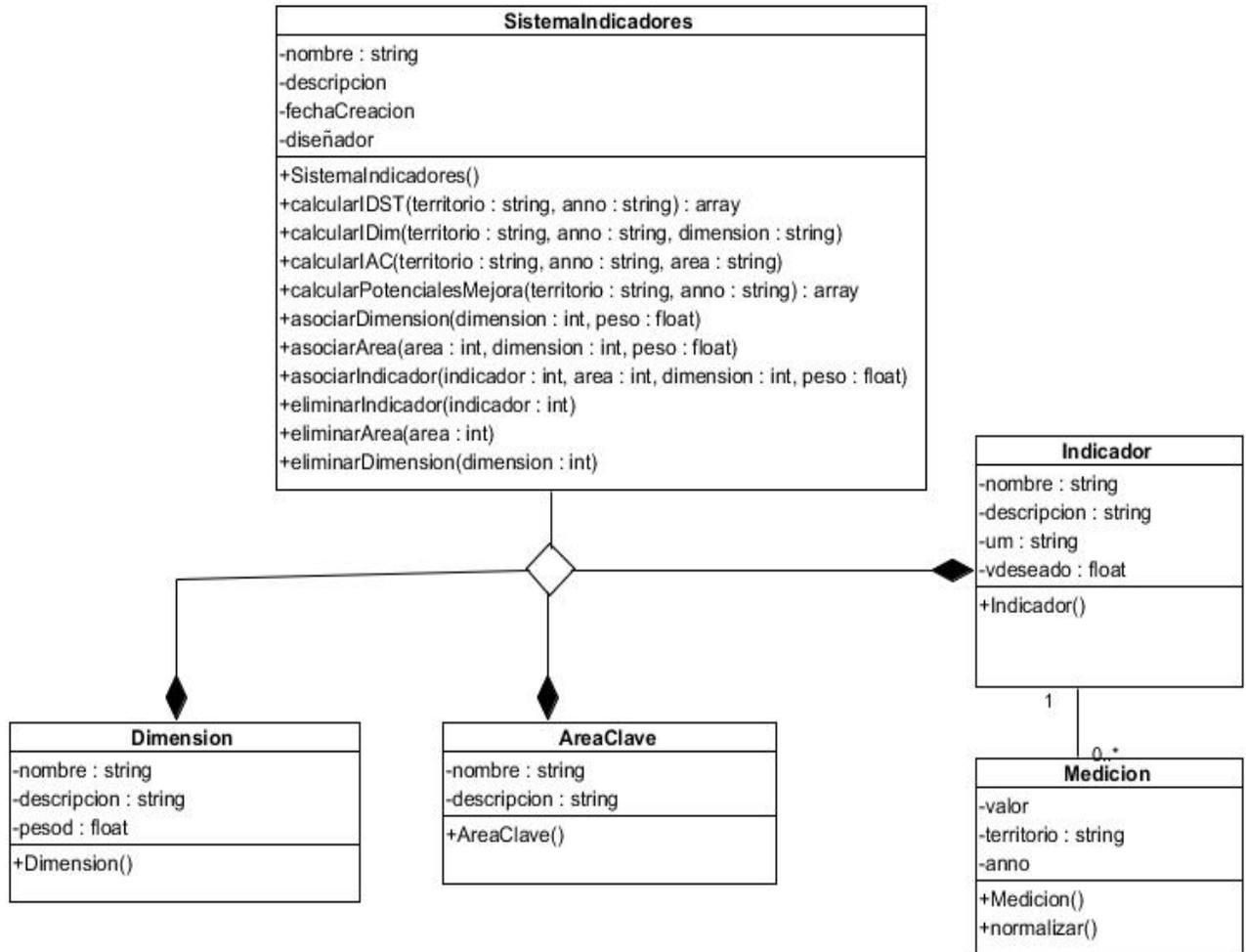


Figura 3.2 Diagrama de clases persistentes.

Todas las clases heredan de CActiveRecord, encargada de realizar las operaciones creación, recuperación, modificación y eliminación de los datos.

En la Figura 3.3 se describe el flujo de trabajo en el sistema.

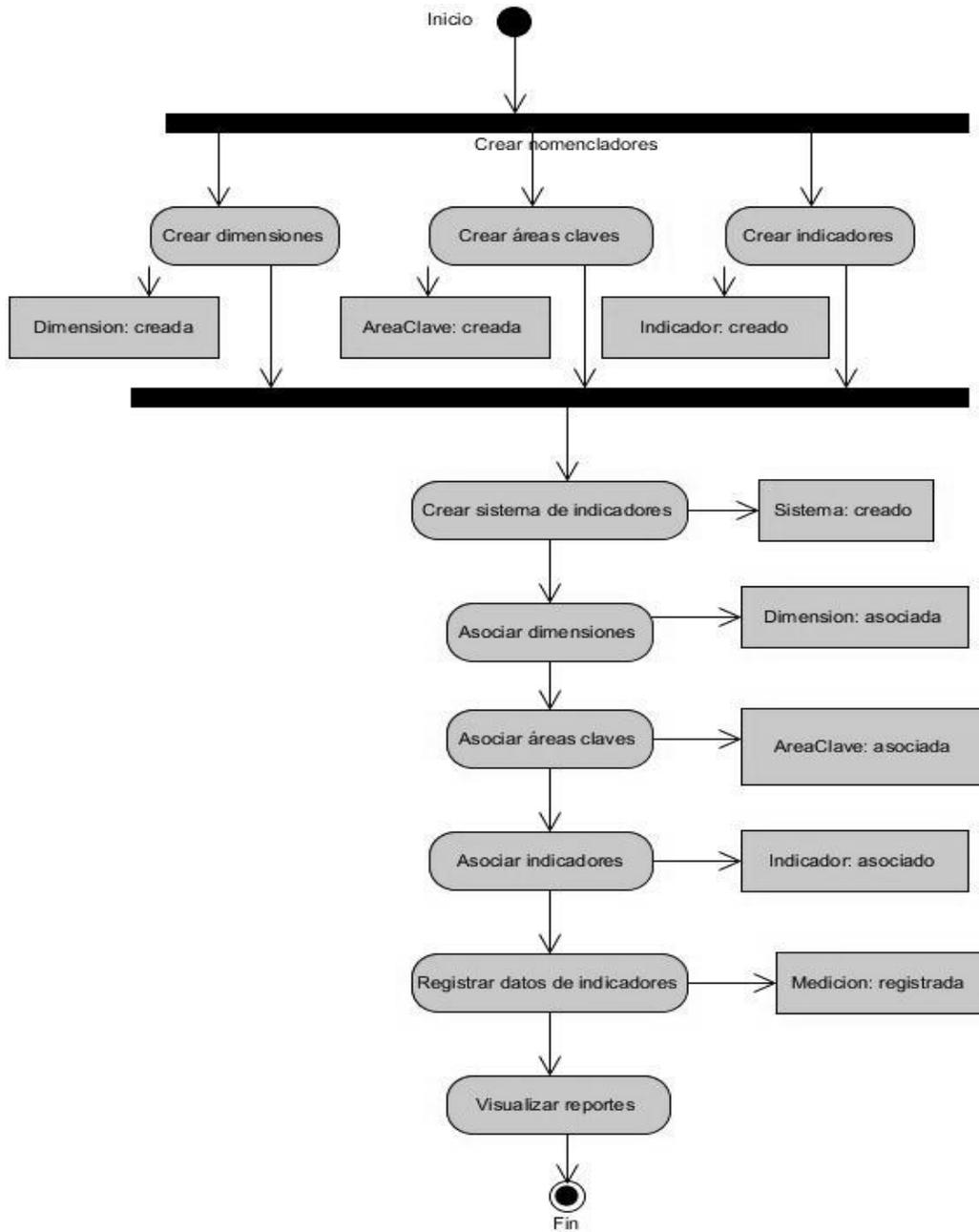


Figura 3.3 Flujo de trabajo en el sistema.

3.1.2 Patrón arquitectónico

En la aplicación diseñada se aplica el patrón de arquitectura Modelo Vista Controlador (MVC, siglas de Model View Controller) que es implementado por el framework de desarrollo web utilizado Yii.

La separación de capas como presentación, lógica de negocio, acceso a datos es fundamental para el desarrollo de arquitecturas consistentes, reutilizables y más fáciles de mantener, lo que al final resulta en un ahorro de tiempo en desarrollo en posteriores proyectos.

MVC es un estilo de arquitectura de software que separa los datos de una aplicación, la interfaz de usuario, y la lógica de control en tres componentes distintos (ver Figura 3.4). El estilo de llamada y retorno MVC, se ve frecuentemente en aplicaciones web.



Figura 3.4 Arquitectura Modelo-Vista-Controlador. Tomado de: (Pereiras García, 2014)

Además de implementar el MVC, Yii también introduce un controlador frontal, llamado Application, el cual encapsula el contexto de ejecución para el procesamiento de una petición. El siguiente diagrama muestra la estructura estática de una aplicación Yii (ver Figura 3.5).

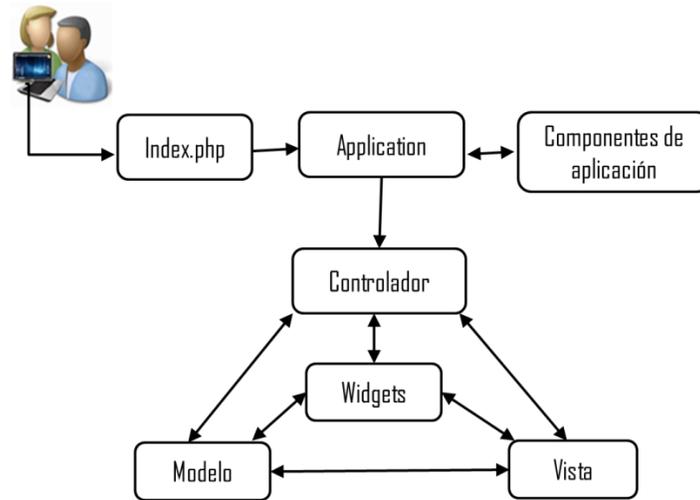


Figura 3.5 Estructura estática de una aplicación Yii Tomado de: (Xue and Wei Zhuo, 2010).

3.1.3 Diseño conceptual de la base de datos

El Diagrama Entidad-Relación (Ver Figura 3.3) muestra la estructura de la base de datos diseñada.

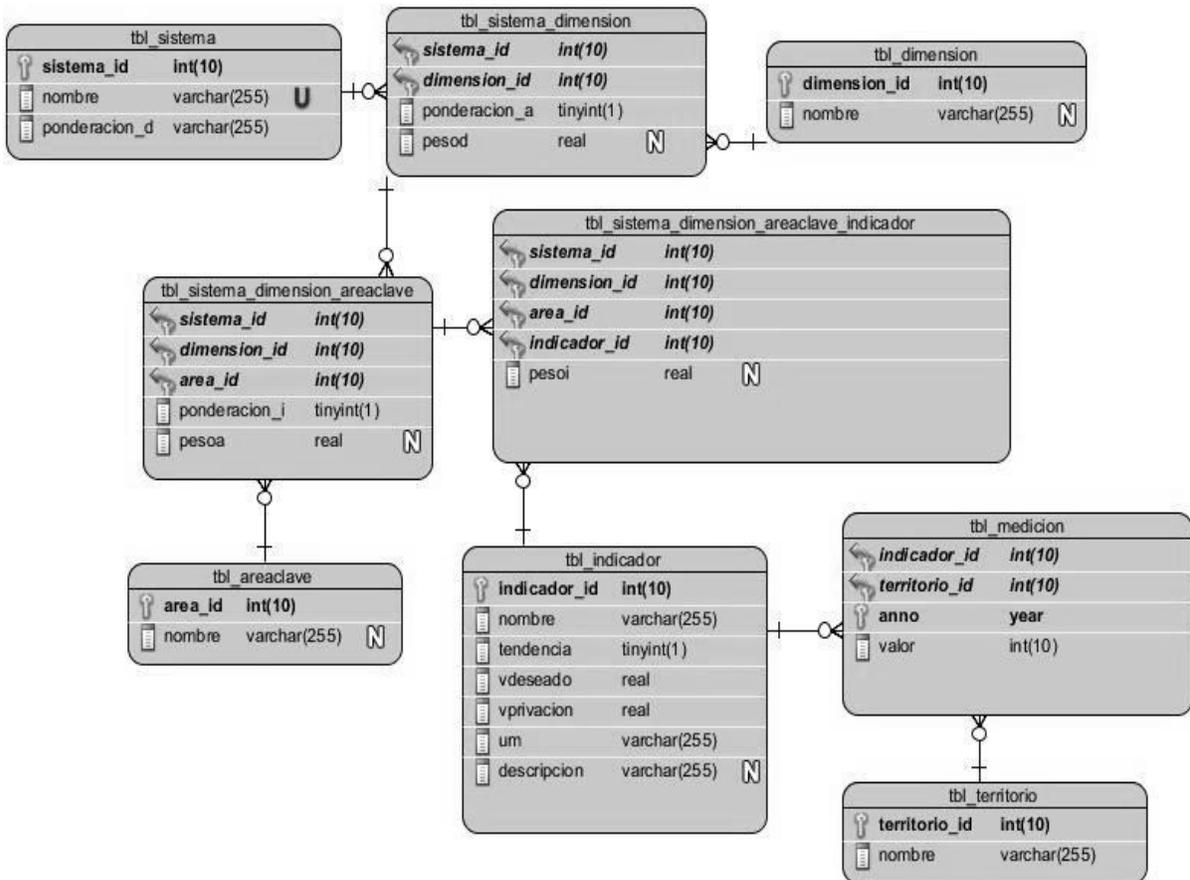


Figura 3.6 Diagrama Entidad-Relación de la base de datos.

El diseño realizado de la base de datos le confiere flexibilidad al sistema, dándole la posibilidad al usuario de crear sistemas de indicadores con características diferentes sobre la base de dimensiones, áreas claves e indicadores creados con anterioridad. Con el diagrama diseñado en Visual Paradigm for UML 8.0 se generó la base de datos MySQL.

3.2 Descripción de tecnologías usadas en el desarrollo de la aplicación.



3.2.1 Servidor web XAMPP

XAMPP es un servidor web multiplataforma, totalmente gratuito y software libre que nos ofrece principalmente un entorno para desarrollar páginas web bajo PHP, MySQL y Perl empleando como servidor Apache. Está disponible bajo licencia GNU. Es un servidor web muy completo, fácil de instalar y configurar. Se utilizó la versión 1.8.3.

El paquete dispone de algunas herramientas extras como phpMyAdmin para administrar las bases de datos de forma rápida y sencilla. También incluye el módulo OpenSSL por lo que se puede usar XAMPP en modo HTTPS.

Otra característica que hace de XAMPP el entorno ideal de desarrollo web es su panel de control que nos ofrece en todo momento información acerca del estado del servidor y nos permite realizar configuraciones de forma rápida. El panel de control está disponible sólo para la versión de Windows.

3.2.2 PHP Storm

Se usó como entorno de desarrollo integrado (IDE, por sus siglas en inglés) Open Source PHP Storm 7.1.

PhpStorm es un IDE para HTML, JavaScript y PHP. Proporciona un editor de código rico e inteligente para PHP con resaltado de sintaxis, configuración de formateo del código extendido, comprobación de errores sobre la marcha y terminación de código inteligente.

Esta versión proporciona soporte para los principales frameworks PHP (por ejemplo, para Symfony y Yii). Ofrece numerosas opciones para depurar el código PHP. Otra de sus potencialidades es que permite desarrollar pruebas de unidad asistidas con la interfaz de usuario del ejecutor de pruebas de PhpStorm.

3.2.3 Yii Framework

En términos de desarrollo de software un framework, es una estructura conceptual y tecnológica de soporte definida, normalmente con artefactos o módulos de software concretos, en base a la cual otro proyecto de software puede ser organizado y desarrollado. Típicamente, puede incluir soporte de programas, bibliotecas y un lenguaje interpretado entre otros programas para ayudar a desarrollar y unir los diferentes componentes de un proyecto. Representa una arquitectura de software que modela las relaciones generales de las entidades del dominio. Provee una estructura y una metodología de trabajo la cual extiende o utiliza las aplicaciones del dominio.

Según (Sache, 2010) las ventajas de usar frameworks para el desarrollo de aplicaciones web radican en que:

1. Implementan patrones arquitectónicos MVC⁵ (Modelo-Vista-Controlador), lo cual representa una buena práctica para la modularización de la aplicación, para reusar código y permite el uso de varias interfaces con el usuario.
2. Posibilitan la creación de aplicaciones con un punto exclusivo de entrada, lo cual lleva la delantera en la fácil gestión de complejas aplicaciones.
3. Limitan la duración de la aplicación por el abastecimiento de algunas funciones comunes, necesarias para aplicaciones complicadas.
4. El sistema cache permite reducir los recursos usados en el servidor para generar respuestas al cliente. Partes de esta respuesta están siendo salvadas en el cache para

⁵ Patrón de diseño que logra separar los datos de una aplicación, la interfaz de usuario, y la lógica de control en tres componentes distintos.

ser entregadas a futuros clientes, reduciendo el acceso a la base de datos, uso de la memoria y procesador.

Los frameworks simplifican el desarrollo de las aplicaciones mediante la automatización de muchas de las tareas comunes. Además, proporcionan estructura al código fuente, forzando al programador a crear código más legible y más fácil de mantener.

Para el desarrollo de la aplicación se seleccionó el framework Yii en su versión 1.1 por su eficiencia, alto rendimiento, gran cantidad de características y amplia documentación. . Yii es software libre y es liberado bajo licencia BSD. Está escrito en PHP usando el paradigma de la Programación Orientada a Objetos e implementa el patrón de arquitectura MVC.

Yii es resultado de la vasta experiencia de los autores en el desarrollo de aplicaciones Web y de la investigación y la reflexión de los más populares frameworks de programación Web y aplicaciones.

Entre las principales características de Yii están (Xue and Wei Zhuo, 2010):

- Generador de código automático. El código generado cumple XHTML estándares.
- Herramientas para automatización y validación de formularios
- Provee un nivel de abstracción hacia la Base de Datos (DAO, Data Access Object) y se apoya en el patrón de arquitectura de datos Active Record.
- Incluye soporte para autenticación de usuarios basado en el modelo RBAC (Role-based Access Control).
- Integración con jQuery.
- Avanzado control de Themes.
- Sistema de manejo de cache sofisticado.
- Manejo de Errores.
- Manejo de Seguridad (Inyección Sql, XSS, CSRF, manipulación de cookies, etc.).
- Amigable y extensible, se pueden usar sin problemas librerías de terceros como Pear, Zend, etc.

El framework Yii tiene un repositorio de extensiones que consisten en componentes contribuidos por usuarios. También hay una biblioteca de extensiones oficial llamada **zii**, la cual está unida al núcleo del framework e incluye comportamientos adicionales y widgets.

Para correr una aplicación web Yii, se necesita tener un servidor Web con soporte PHP 5.1.0 o superior. En este caso se seleccionó el servidor web XAMPP versión 1.8.3 para Windows.

3.2.4 Highcharts

Es una librería escrita en Javascript que ofrece un método fácil e interactivo para insertar graficas en una aplicación web.

Es compatible con todos los navegadores modernos incluyendo iPhone/iPad e Internet Explorer desde su versión 6.

Todas las características pueden ser personalizadas permitiendo una gran flexibilidad. Su utilización sólo requiere incluir el archivo highcharts.js y cualquiera de los tres frameworks más populares de Javascript (jQuery, MooTools o Prototype).

3.2.5 Sistema gestor de base de datos: MySQL

El sistema gestor de bases de datos seleccionado fue MySQL Community Server versión 5.6.11 distribuido bajo licencia GPL (GNU General Public License), e incorporado en XAMPP versión 1.8.3.

MySQL es el sistema de gestión de bases de datos relacionales Open Source más popular. Lo desarrolla, distribuye y soporta MySQL AB. Utiliza SQL (Structured Query Language), el lenguaje estandarizado más común para acceder a bases de datos, definido por el estándar ANSI/ISO SQL.

El servidor de base de datos MySQL es muy rápido, fiable y fácil de usar. Se desarrolló originalmente para tratar grandes bases de datos mucho más rápido que soluciones existentes y ha sido usado con éxito en entornos de producción de alto rendimiento durante varios años.

MySQL Server es un sistema cliente/servidor que consiste en un servidor SQL multi-hilos que trabaja con diferentes *bakends*, programas y bibliotecas cliente, herramientas administrativas y un amplio abanico de interfaces de programación para aplicaciones (APIs) (MySQL, 2011).

3.3 Diseño de la interfaz de usuario

El objetivo perseguido durante el diseño de la interfaz de usuario fue facilitar la interacción del usuario con la aplicación. Para ello se diseñó un menú principal en la parte superior de la página que cuenta con los elementos siguientes (**¡Error! No se encuentra el origen de a referencia.**Figura 3.7):

- *Administración:* permite acceder a la gestión de usuarios y roles.
- *Nomencladores:* permite a definir los nomencladores (dimensiones, áreas claves, indicadores y territorios).
- *Sistemas de indicadores:* en este menú se crean los sistemas de indicadores; incluye la definición de las dimensiones, áreas claves e indicadores que lo componen.
- *Captura de datos:* aquí se registran los valores que toman los indicadores en un territorio determinado y en un período específico.
- *Reportes:* a través de este menú es posible acceder a los informes: IDST, Sistema de indicadores, Potenciales de mejora y Comparación espacio-temporal.
- *Usuarios:* a través de este menú es posible gestionar los usuarios y sus roles en el sistema.
- *Iniciar/cerrar sesión:* a través de este vínculo los usuarios pueden identificarse en el sistema.

A continuación se muestran algunas de pantallas de la interfaz de usuario.

Sistema para la Evaluación del Desarrollo Sostenible

Inicio
Nomencladores
Sistemas de indicadores
Captura de datos
Reportes
Usuarios
Cerrar sesión (admin)

Inicio » Mediciones » Administrar

Administrar mediciones

Opcionalmente puede utilizar operadores de comparación(<, <=, >, >=, <> or =) para especificar cómo se realizará la comparación.

[Advanced Search](#)

Indicador Tasa de mortalidad materna

Valor

Año

Territorio Villa Clara

IDST

Potenciales de mejora

Sistema de indicadores

Comparacion Espacio-Temporal

Operaciones

[Listar mediciones](#)

[Registrar medicion](#)

Figura 3.7 Interfaz de usuario para gestionar los valores de los indicadores capturados.

Asignar indicadores a SEDST

Los campos con * son requeridos.

Dimension Id *

Económica

Area Id *

Seleccione un área clave

Indicador Id *

Intensidad energética

Peso Del Indicador

0.6

La suma de los pesos no debe ser mayor que 1. El máximo posible es 0.5

Asignar Indicador

Viendo 1-10 de 22 resultados.

Nombre dimensión	Nombre área clave	Nombre indicador	Peso indicador	
Ambiental	Cobertura forestal	Índice de boscosidad	1	  
Económica	Desarrollo económico	Volumen de inversiones per cápita	1	  

Figura 3.8 Validación de peso del indicador al asignar indicador a un sistema.

Sistema para la Evaluación del Desarrollo Sostenible

Inicio Nomencladores Sistemas de indicadores Captura de datos **Reportes** Usuarios Cerrar sesión (admin)

Inicio » IDST

IDST

Sistema Id

SEDST

Territorio *

Villa Clara

Fecha

2011

IDST Cancelar

Figura 3.9 Interfaz para solicitar el cálculo del IDST.

Conclusiones parciales

1. La integración de varias tecnologías informáticas para el desarrollo de la aplicación web, demuestra el importante papel que pueden jugar las tecnologías de la información en la gestión de la información asociada a la evaluación de la sostenibilidad.
2. Las herramientas seleccionadas para el desarrollo de la aplicación se destacan por su alto rendimiento, su aceptación por gran parte de la comunidad de programadores de aplicaciones web, así como por las facilidades que brindan a los desarrolladores para manipular los componentes de la aplicación.

4 CAPÍTULO IV: APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA EVALUACIÓN DEL DESARROLLO SOSTENIBLE EN LA PROVINCIA DE VILLA CLARA

Para comprobar la hipótesis de investigación se procedió a aplicar el procedimiento propuesto con el objetivo de evaluar el grado relativo de desarrollo sostenible en la provincia Villa Clara. La aplicación detallada del procedimiento propuesto así como el uso de la aplicación informática le permitirá a las administraciones territoriales además de evaluar el grado de desarrollo sostenible del territorio, identificar puntos críticos y oportunidades de mejoras que les puedan ayudar a reorientar los esfuerzos de su gestión.

4.1 Diagnóstico del territorio

La provincia Villa Clara está situada en la región central de Cuba, entre los 22°16' y 23°09' de latitud norte y los 80°02' y 80°25' de longitud oeste. Limita al Norte con el Océano Atlántico, al Este con las provincias Sancti Spíritus, al Sur con la provincia Sancti Spíritus y al Oeste con las provincias Matanzas y Cienfuegos. Posee una extensión territorial de 8412,81 km², incluidos 492,43 km², de cayos adyacentes lo que la ubica en el quinto lugar por extensión entre las 14 provincias del territorio nacional, su extensión representa el 7,1 % del área total del país.



Figura 4.1 Ubicación geográfica de Villa Clara.

Las costas, que poseen características bajas y pantanosas, alcanzan una longitud de 191,0 kilómetros por el norte y son la única frontera marítima.

El relieve se caracteriza por las alturas del Norte de Cuba Central, llanura de Manacas y las alturas de Santa Clara. Su hidrografía está representada por los ríos Sagua la Grande y Sagua la Chica y el embalse Alacranes, Hanabanilla, Minerva y Palma Sola.

Posee una población total de 792 292 habitantes, para una densidad de población 94.2 habitantes por km² y es una de las más envejecidas del país.

Los problemas ambientales de mayor incidencia e impacto en el territorio, que deben a enfrentarse en el camino hacia el desarrollo sostenible son (CITMA 2011):

- Degradación de los suelos
- Afectaciones a la cobertura forestal
- Contaminación (residuales líquidos, sólidos, emisiones a la atmósfera, productos químicos y desechos peligrosos)
- Pérdida de diversidad biológica
- Dificultades con la disponibilidad y calidad del agua
- Impactos del cambio climático

Estos problemas se manifiestan de forma negativa en la consecución de la elevación sostenida y equitativa de la calidad de vida de las personas, por sus impactos económicos y el efecto sobre los ecosistemas y los recursos naturales.

Las principales actividades económicas del territorio son la agricultura y el turismo, aunque también se desarrolla la industria y otras. Se destacan las producciones de café, tabaco, azúcar y cultivos varios. El aeropuerto internacional “Abel Santamaría Cuadrado” de la capital provincial recibe más de 60 vuelos semanales en temporada alta y más de 50 en temporada baja provenientes de varios países de Europa y América con turistas que se dirigen al polo turístico de la cayería norte villaclareña.

4.2 Estructuración del sistema de indicadores

El sistema de indicadores que servirá de base para la evaluación del desarrollo sostenible en el territorio villaclareño y el cálculo del IDST, deberá garantizar que se mida el cumplimiento de los principios básicos de: equidad intrageneracional e intergeneracional, conservación, y eficiencia.

El sistema se estructura de acuerdo a las tres dimensiones principales del desarrollo sostenible: ambiental, económica y social.

Se definen como áreas claves de la dimensión ambiental, tomando en consideración los principales problemas ambientales y las prioridades para la sostenibilidad del territorio las siguientes:

- Protección y rehabilitación de los suelos
- Contaminación atmosférica
- Pérdida de la diversidad biológica
- Gestión de recursos hídricos

En el orden social se decidió incluir en la evaluación las siguientes áreas claves por la connotación que tienen para la sostenibilidad de toda sociedad:

- Salud
- Educación
- Equidad

En el ámbito económico se seleccionaron las siguientes áreas claves:

- Desarrollo económico
- Uso de la energía
- Generación de desechos
- Transporte

Una vez identificados los aspectos claves de cada dimensión se procedió a identificar un listado inicial de indicadores que podrían formar parte del sistema. (Ver Anexo 1):

Este listado se refinó en primera instancia seleccionando aquellos indicadores de los que existen series temporales de datos oficiales publicados por la Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI) o datos ofrecidos por otras instituciones. Posteriormente se aplicaron técnicas de análisis multifactorial para identificar las posibles correlaciones entre indicadores y eliminar redundancias. Finalmente se obtuvo el siguiente conjunto de indicadores.

Tabla 4.1 Listado de indicadores seleccionados.

SISTEMA DE INDICADORES DE DESARROLLO SOSTENIBLE TERRITORIAL			
DIMENSION	ÁREA CLAVE	INDICADOR	
Ambiental	Rehabilitación de los suelos	Índice de boscosidad	
		Proporción de áreas beneficiadas por el Plan Nacional de Manejo y Conservación de suelos	
		Proporción de superficie agrícola en cuencas hidrográficas beneficiadas por el Plan Nacional de Manejo y Conservación de suelos	
			Proporción de superficie agrícola en el Plan Turquino beneficiadas por el Plan Nacional de Manejo y Conservación de suelos
	Pérdida de la diversidad biológica		Proporción de superficie de áreas terrestres protegidas en relación a la superficie total
			Proporción de áreas marinas protegidas en relación a la superficie marina total.
			Dinámica de la captura bruta

		de peces de plataforma
	Gestión de recursos hídricos	Extracción agua dulce con relación a la disponible
		Carga contaminante dispuesta por habitante
Social	Salud	Tasa de mortalidad infantil en niños menores de 5 años
		Índice de bajo peso al nacer
		Esperanza de vida al nacer
		Cobertura de agua potable
		Cobertura de saneamiento
	Educación	Porcentaje de la población en edad laboral con nivel medio o superior
		Retención en el ciclo normal de la enseñanza primaria
	Equidad	Tasa de desocupación
		Relación entre la tasa de desocupación de la mujer y el hombre
		Participación en las elecciones a delegados a la Asamblea Provincial del Poder Popular
		Dotación normal de camas en unidades de asistencia

		social
Económica	Desarrollo económico	Producción mercantil a precios corrientes
		Volumen de inversiones per cápita
		Volumen de inversiones en las ramas de la ciencia e innovación tecnológica
	Uso de la energía	Intensidad energética
		Energía sustituida dispositivos generadores de energía renovable
		Consumo de biomasa en relación a la producción
	Generación de desechos	Volumen de desechos sólidos recogidos por habitante y día

Una vez estructurado el sistema de indicadores se procede a establecer los valores de referencia y los pesos relativos de los indicadores, áreas claves y dimensiones en el sistema. Para el cálculo de los pesos se utilizó método AHP y el software *Expert Choice versión 11.0*. Se obtuvo la siguiente jerarquía y los pesos relativos de las dimensiones, áreas claves e indicadores (ver Figura 4.1)

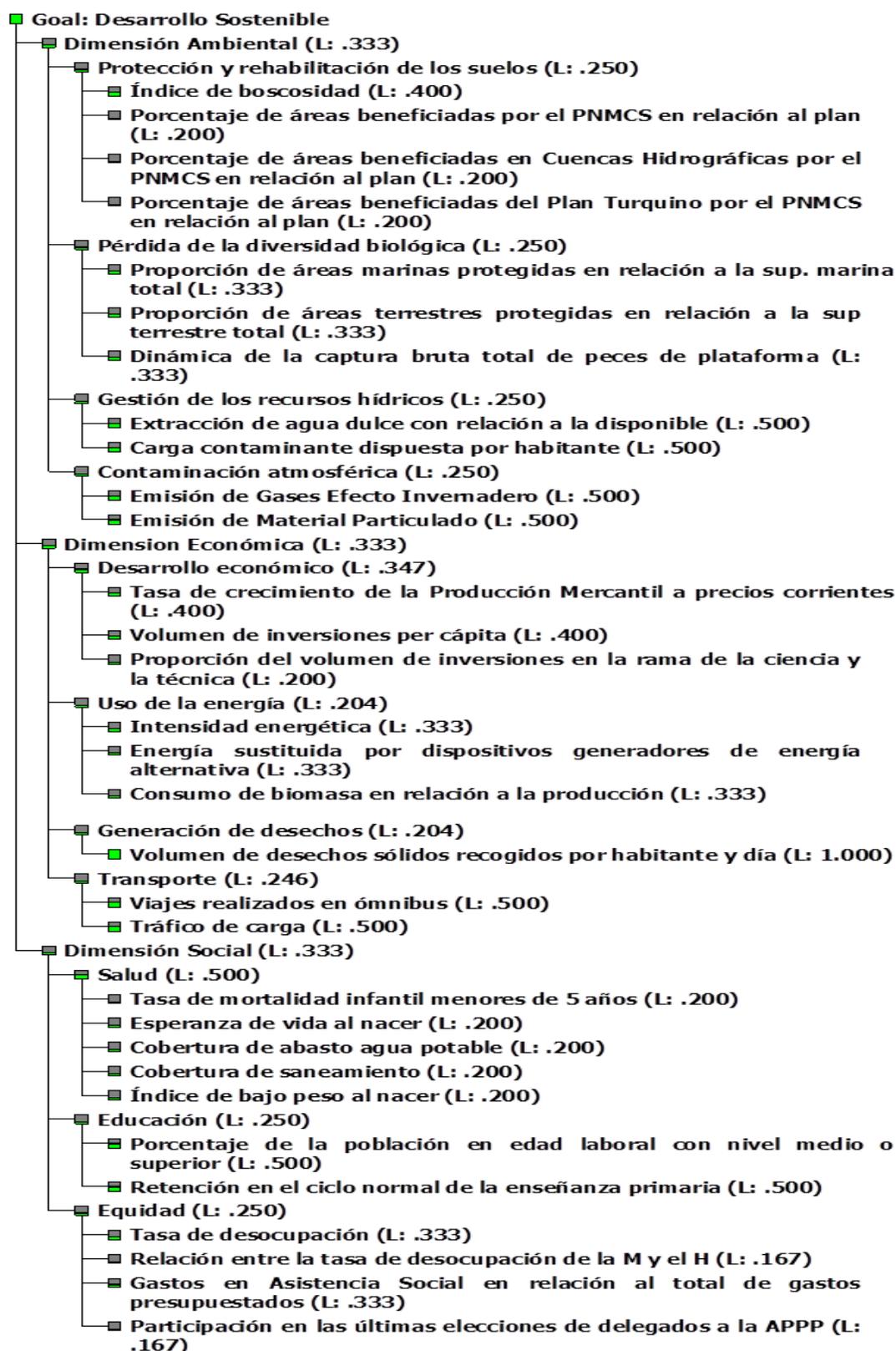


Figura 4.1 Jerarquía del sistema de indicadores y pesos relativos.

Para detallar la definición de los indicadores ver Anexo 2.

Con los datos disponibles se procede a crear el sistema de indicadores en la aplicación web para que sirva de base en las próximas fases.

4.3 Cálculo del IDST

En esta etapa se calculó el IDST en la provincia de Villa Clara para el período 2008 - 2012 utilizando el software diseñado en el capítulo anterior con el objetivo de analizar el grado de sostenibilidad relativa alcanzado en el territorio en cinco años consecutivos (ver Figura 4.2). En la Tabla 4.2 se detallan los índices por dimensiones y áreas claves en el período seleccionado. El Anexo 3 recoge los datos utilizados para el cálculo de los índices.

Sistema para la Evaluación del Desarrollo Sostenible

Inicio Nomencladores Sistemas de indicadores Captura de datos Reportes Usuarios Cerrar sesión

Inicio » Realizar comparación Espacio-Temporal

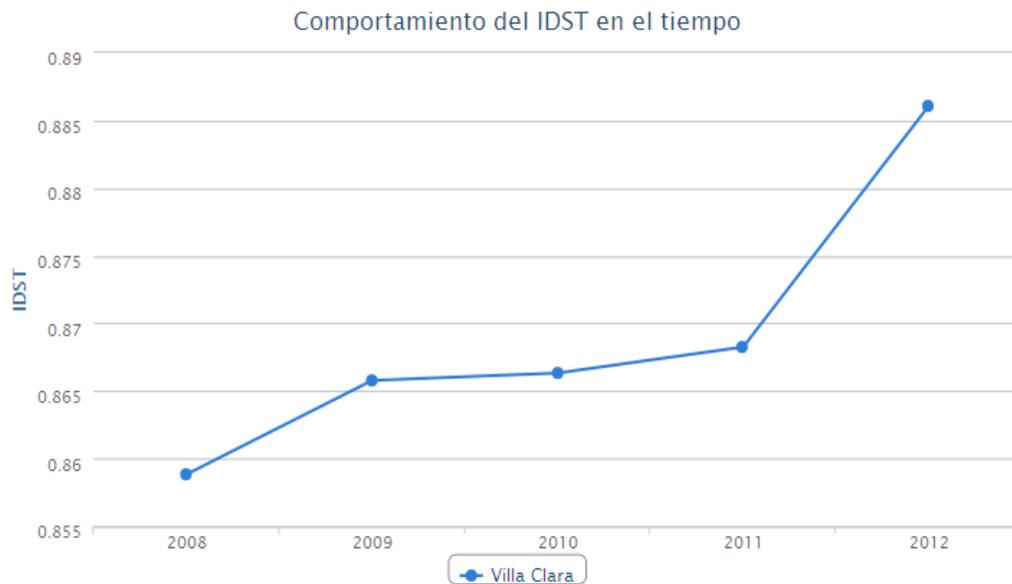


Figura 4.2 Comportamiento del IDST 2008-2012 en Villa Clara.

Tabla 4.2 Índices por dimensiones y áreas claves para Villa Clara 2008-2012.

Territorio	Villa Clara					
Dimensiones	Áreas Claves	2008	2009	2010	2011	2012
Ambiental		0.86	0.86	0.87	0.87	0.88
	Protección y rehabilitación de los suelos	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95
	Pérdida de la diversidad Biológica	0.66	0.66	0.66	0.66	0.69
	Gestión de recursos hídricos	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Económica		0.74	0.77	0.76	0.76	0.81
	Desarrollo económico	0.80	0.82	0.80	0.86	0.83
	Uso de la energía	0.72	0.86	0.86	0.79	0.85
	Transporte	0.47	0.43	0.43	0.40	0.60
	Generación de desechos	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Social		0.97	0.96	0.97	0.98	0.97
	Equidad	0.99	0.97	0.99	0.99	0.98
	Salud	0.98	0.97	0.97	0.98	0.96
	Educación	0.95	0.94	0.96	0.96	0.96
IDST		0.86	0.87	0.87	0.87	0.89
Evaluación		Situación óptima del sistema				
Leyenda	Situación Óptima Situación Estable Situación Inestable Situación Crítica Al borde del colapso					

En las siguientes ilustraciones se muestran los gráficos que genera el sistema para el territorio villaclareño en el año 2012. En la Figura 4.3 se muestra el Biograma, los índices de las dimensiones se observan en la Figura 4.4 y la Figura 4.5 representa los valores de los indicadores normalizados. También se puede analizar el sistema de indicadores totalmente desglosado como se muestra en la Tabla 4.3.

Sistema para la Evaluación del Desarrollo Sostenible

Inicio | Nomencladores | Sistemas de indicadores | Captura de datos | Reportes | Usuarios | Cerrar sesión (admin)

Inicio » Calcular IDST » Villa Clara 2012

Villa Clara 2012
IDST = 0.89 Evaluación: Situación óptima del sistema

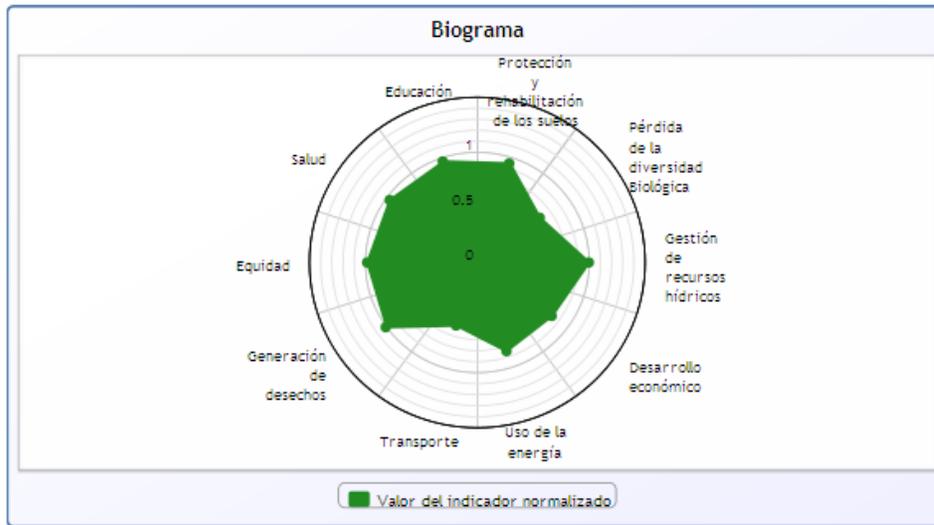


Figura 4.3 Biograma obtenido para la provincia Villa Clara año 2012.

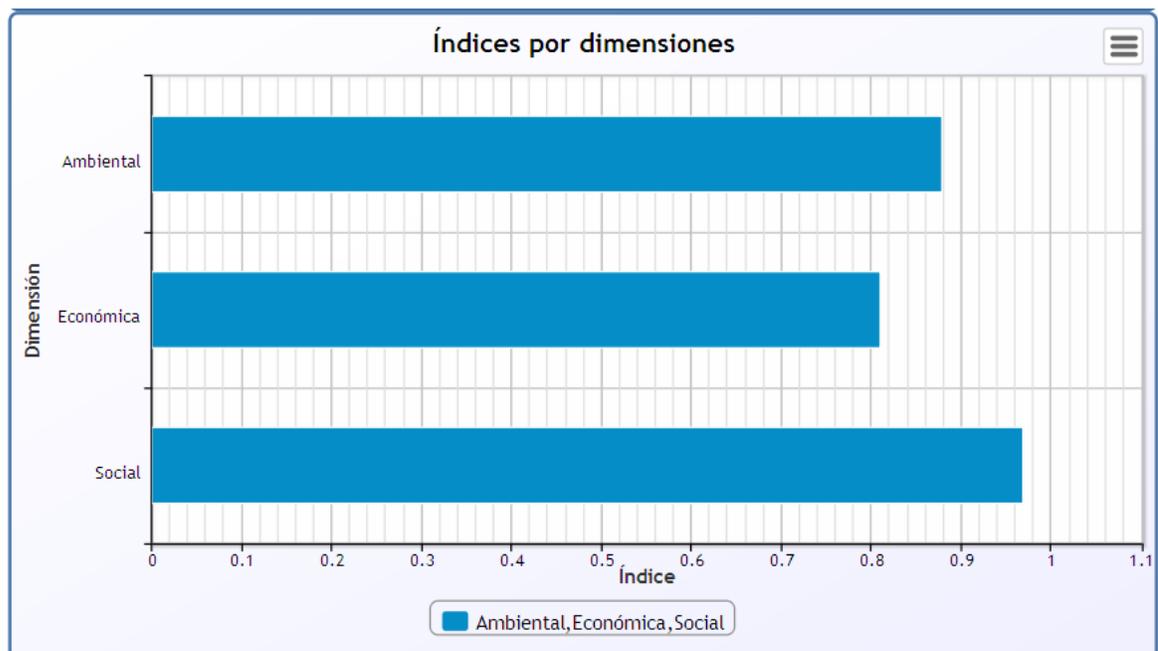


Figura 4.4 Índices por dimensiones: Villa Clara 2012.

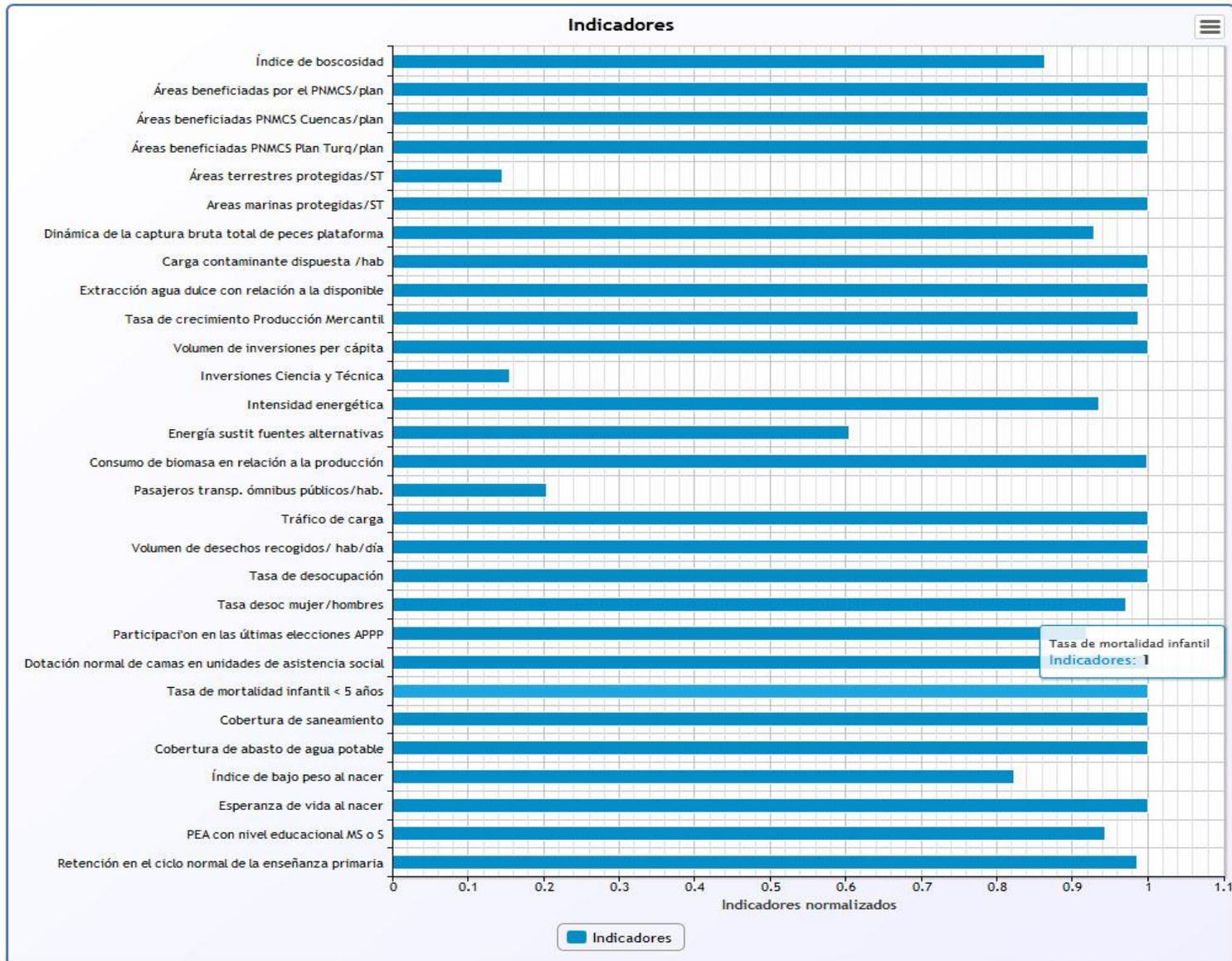


Figura 4.5 Valores normalizados de los indicadores del sistema diseñado. Villa Clara 2012.

Tabla 4.3 Sistema de indicadores Villa Clara 2012

Inicio » Sistema de Indicadores » Villa Clara 2012

Sistema de indicadores	Villa Clara 2012	IDST	0.89
Dimensión:	Ambiental	Índice de la dimensión:	0.88
Área Clave:	Protección y rehabilitación de los suelos	Índice del Área Clave:	0.95
Indicador	Valor	Valor normalizado	
Índice de boscosidad	22.8 %	0.86	
Áreas beneficiadas por el PNMCs/plan	102 %	1.00	
Áreas beneficiadas PNMCs Cuencas/plan	107 %	1.00	
Áreas beneficiadas PNMCs Plan Turq/plan	103 %	1.00	
Área Clave:	Pérdida de la diversidad Biológica	Índice del Área Clave:	0.69
Indicador	Valor	Valor normalizado	
Áreas terrestres protegidas/ST	5.15 %	0.14	
Áreas marinas protegidas/ST	22.08 %	1.00	
Dinámica de la captura bruta total de peces plataforma	107.6 %	0.93	
Área Clave:	Gestión de recursos hídricos	Índice del Área Clave:	1.00
Indicador	Valor	Valor normalizado	
Carga contaminante dispuesta /hab	0.011 T DBO/año	1.00	
Extracción agua dulce con relación a la disponible	79.53 %	1.00	

Dimensión:	Económica	Índice de la dimensión:	0.81
Área Clave:	Desarrollo económico	Índice del Área Clave:	0.83
Indicador	Valor	Valor normalizado	
Tasa de crecimiento Producción Mercantil	98.8 %	0.99	
Volumen de inversiones per cápita	160.14 MP/habitante	1.00	
Inversiones Ciencia y Técnica	0.0309 %	0.15	
Área Clave:	Uso de la energía	Índice del Área Clave:	0.85
Indicador	Valor	Valor normalizado	
Intensidad energética	0.072 tcc/MP	0.94	
Energía sustit fuentes alternativas	864.4 tep	0.60	
Consumo de biomasa en relación a la producción	99.9 %	1.00	
Área Clave:	Transporte	Índice del Área Clave:	0.60
Indicador	Valor	Valor normalizado	
Pasajeros transp. ómnibus públicos/hab.	0.0366 Mpasajeros/habitante	0.20	
Tráfico de carga	314.8 Millones de toneladas-km	1.00	
Área Clave:	Generación de desechos	Índice del Área Clave:	1.00
Indicador	Valor	Valor normalizado	
Volumen de desechos recogidos/ hab/día	1.71 m3/habitante	1.00	

Capítulo IV: Diseño de la aplicación informática para la evaluación del desarrollo sostenible

Dimensión:	Social	Índice de la dimensión:	0.97
Área Clave:	Equidad	Índice del Área Clave:	0.98
Indicador	Valor	Valor normalizado	
Tasa de desocupación	3.4 %	1.00	
Tasa desoc mujer/hombres	1.03 adimensional	0.97	
Participación en las últimas elecciones APPP	91.9 %	0.92	
Dotación normal de camas en unidades de asistencia social	1381 u	1.00	
Área Clave:	Salud	Índice del Área Clave:	0.96
Indicador	Valor	Valor normalizado	
Tasa de mortalidad infantil < 5 años	6.1 /1000 nacidos vivos	1.00	
Cobertura de saneamiento	100 %	1.00	
Cobertura de abasto de agua potable	100 %	1.00	
Índice de bajo peso al nacer	4.2 /100 nacidos vivos	0.82	
Esperanza de vida al nacer	79.43 años	1.00	
Área Clave:	Educación	Índice del Área Clave:	0.96
Indicador	Valor	Valor normalizado	
PEA con nivel educacional MS o S	67.58 %	0.94	
Retención en el ciclo normal de la enseñanza primaria	98.6 %	0.99	

Leyenda	Situación Óptima	Situación Estable	Situación Inestable	Situación Crítica	Al borde del colapso
---------	------------------	-------------------	---------------------	-------------------	----------------------

En la Figura 4.6 se muestran los potenciales de mejora para ese año.

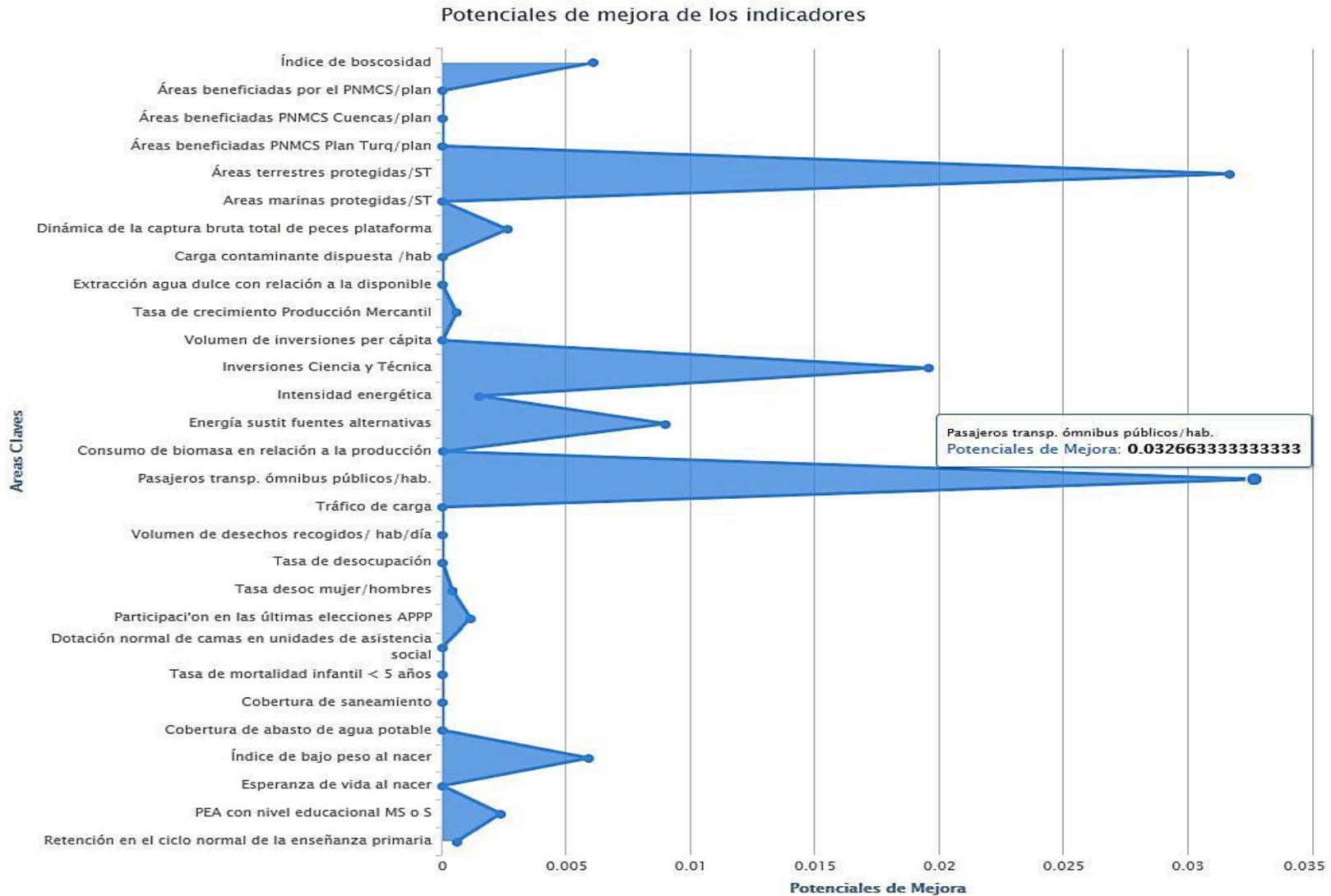


Figura 4.6 Potenciales de mejora. Villa Clara 2012.

4.4 Análisis de los resultados

Como se observa en la Figura 4.2 el IDST tuvo una evolución favorable en el período 2008-2012 aumentando su valor de 0.86 a 0.89. De acuerdo al sistema de indicadores diseñado y las metas de sostenibilidad definidas el territorio cumple los parámetros de una situación óptima para la sostenibilidad, la cual mantiene se mantiene durante los cinco años estudiados. De manera general, se observan avances en la esfera ambiental, económica y social.

Al analizar los potenciales de mejora se aprecia que las mayores dificultades se observan en el orden económico, específicamente en el área clave del Transporte por el valor que alcanza el indicador Pasajeros transportados en ómnibus de transporte público por habitante y en el área de desarrollo económico se ve afectado el Volumen de inversiones en la esfera de la ciencia y la innovación tecnológica que es garantía para el desarrollo en esta rama.

En la esfera ambiental, es necesario potenciar las áreas terrestres protegidas pues a pesar de que ha ido incrementándose el valor de la proporción respecto a la superficie total del territorio aún está un poco alejado del alcanzado en otras provincias.

La dimensión social es la de mejores resultados y los potenciales de mejora de sus indicadores son bastante bajos.

4.5 Resultados de la aplicación del procedimiento

El procedimiento presenta una secuencia de pasos que permitió revelar en la provincia objeto de estudio, los principales problemas que presentan e identificar las oportunidades de mejora del desarrollo sostenible. En él se evidencian las siguientes características:

- **Pertinencia:** El procedimiento propuesto para la evaluación del desarrollo sostenible, se adecua a las condiciones existentes y a las necesidades de las administraciones territoriales de evaluar la sostenibilidad del desarrollo en el territorio para mejorar su gestión y apoyar la toma de decisiones. La aplicación del procedimiento posibilitó evaluar el desarrollo sostenible e identificar los puntos críticos y oportunidades de mejora en la provincia objeto de estudio sobre la base de un indicador global de desarrollo sostenible y los índices que lo componen.
- **Consistencia lógica:** La secuencia lógica de las etapas dentro de cada fase del procedimiento, es mantenida independientemente del territorio donde se aplique.

- Generalidad: El procedimiento propuesto, se considera lo suficientemente flexible y adaptable para ser generalizable a otros territorios que deseen evaluar su grado relativo de desarrollos sostenible e identificar los puntos críticos y oportunidades de mejoras.

Conclusiones parciales

1. La aplicación del procedimiento general y sus instrumentos de apoyo la provincia de Villa Clara, permitió comprobar su factibilidad de aplicación como instrumento metodológico formal para evaluar el desarrollo sostenible territorial e identificar puntos críticos y oportunidades de mejoras.
2. A través del indicador de desarrollo sostenible IDST propuesto, se facilitó el proceso de evaluación de manera integral del desarrollo sostenible territorial. El cálculo del IDST en dos años diferentes permitió analizar la evolución del desarrollo sostenible territorial y de los principales problemas.
3. La aplicación informática desarrollada reduce el esfuerzo requerido para realizar la evaluación del desarrollo sostenible territorial, a la vez que permite obtener los resultados del IDST, los potenciales de mejora de los diferentes indicadores y ofrece el tratamiento gráfico de la información.

CONCLUSIONES GENERALES

Como resultado de la presente investigación, pudo arribarse a las siguientes conclusiones:

1. El análisis de la bibliografía consultada para la elaboración del marco teórico de la investigación confirma la importancia de los indicadores de sostenibilidad y los índices agregados para evaluar el desarrollo sostenible. A pesar de la existencia de diferentes estándares, la literatura especializada manifiesta la carencia de procedimientos para la evaluación del desarrollo sostenible territorial basados en la integración de indicadores económicos, sociales y ambientales.
2. El procedimiento propuesto establece una línea de acción para seleccionar, recopilar, analizar, integrar y evaluar los indicadores de desarrollo sostenible territorial. Permite que la evaluación de sostenibilidad sea complementada con medidas de resultados para que las administraciones territoriales puedan conocer si las políticas, estrategias y metas ambientales, económicas y sociales son efectivas.
3. El índice global definido integra los indicadores de múltiples dimensiones definidas para la sostenibilidad. También emplea métodos multicriterio para determinar la importancia de los diferentes indicadores e índices de acuerdo a las prioridades.
4. La aplicación informática desarrollada para dar soporte a parte del procedimiento provee un valioso instrumento para apoyar el almacenamiento, recuperación e integración de los indicadores de desarrollo sostenible, facilitando el cálculo y representación gráfica del indicador global y del sistema de indicadores en su totalidad, resolviendo así una de las carencias de la evaluación de la sostenibilidad, el soporte sobre herramientas informáticas.
5. La aplicación del procedimiento en la provincia de Villa Clara para cinco años consecutivos demuestra la factibilidad de aplicación del procedimiento desarrollado y sus instrumentos metodológicos de apoyo.

RECOMENDACIONES

1. Aplicar el procedimiento para la evaluación del desarrollo sostenible en el resto de las provincias del país.
2. Continuar perfeccionando la aplicación informática desarrollada para hacer uso de todas las posibilidades de procesamiento de información.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHKAR, M. 2005. *Ordenamiento Ambiental del Territorio*, Montevideo, Comisión Sectorial de Educación Permanente.
- AMA, CITMA & PNUMA 2009. *GEO Cuba: Evaluación del medio ambiente cubano*, La Habana.
- ARNÉS PRIETO, E. 2011. *Desarrollo de la metodología de evaluación de sostenibilidad de los campesinos de montaña en San José de Cusmapa (Nicaragua)*. Master, Universidad Politécnica de Madrid.
- BANAI, R. & WAKOLBINGER, T. 2011. A measure of regional influence with the analytic network process. *Socio-Economic Planning Sciences*, 45, 165-173.
- BOSSEL, H. 1999. *Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Application*. Winnipeg, Canada: International Institute for Sustainable Development.
- BROCHE FERNÁNDEZ, Y. 2009. Procedimiento para la logística inversa de los residuos sólidos generados en PyMITH cubanas. Aplicación en los hoteles “Villa Carrusel La Granjita” y “Los Caneyes” de la provincia Villa Clara. Santa Clara, Villa Clara, Cuba: UCLV.
- CASARES, J. J. & ARCA, J. C. 2002. Gestión estratégica de la sostenibilidad en el ámbito local: la Agenda 21 Local. *Revista Galega de Economía*, 11, 1-18.
- CASTELLANOS-ABELLA, E. A. & VAN WESTEN, C. J. 2007. Generation of a landslide risk index map for Cuba using spatial multi-criteria evaluation. *Landslides*, 311–325.
- CASTRO BONAÑO, J. M. 2002. *Indicadores de Desarrollo Sostenible Urbano. Una aplicación para Andalucía*. Tesis Doctoral, Universidad de Málaga.
- CDS 1995. *Indicators of sustainable development: guidelines and methodologies*.
- CITMA, MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE. & AMA, AGENCIA DE MEDIO AMBIENTE. 2005. *Situación Ambiental Cubana 2004. V Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo*. Palacio de las Convenciones de La Habana.
- CITMA, ONE & PNUMA 2009. *Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible: Indicadores de seguimiento: Cuba 2009.*, Ciudad de la Habana.
- CITMA, D. P. V. C. 2011. *Estrategia Territorial de Medio Ambiente Provincia Villa Clara 2011-2015*.
- CITMA, M., MINCEX, ACNU 2012. *Informe de Cuba a la Conferencia de Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible Río +20*, La Habana.
- COMISIÓN MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO 1988. *Nuestro Futuro Común*. Madrid: Alianza.
- CHANG, Y. H., YEH, C.H. 2001. Evaluating airline competitiveness using multiattribute decision making. *Omega*, 405–415.
- CHIA-WEI, H., ALLEN, H. H., CHERNG-YING, C. & TA-CHE, C. 2011. Using the FDM and ANP to construct a sustainability balanced scorecard for the semiconductor industry. *Expert Systems with Applications*, 38, 12891-12899.
- CHIANG, C. M. & LAI, C. M. 2002. A study on the comprehensive indicator of indoor environment assessment for occupants' health in Taiwan. *Build Environment*, 37, 387–392.
- DAMJAN, K. & GLAVIC, P. 2005. How to compare companies on relevant dimensions of sustainability. *Ecological Economics*, 551– 563.
- DEVUYST, D. 2001. Introduction to sustainability assessment at the local level. In: DEVUYST, D., HENS, L. & DE LANNOY, W. (eds.) *How green is the city?*

- Sustainability assessment and the management of urban environments*. New York: Columbia University Press.
- DURÁN ROMERO, G. 2000. Medir la sostenibilidad: indicadores económicos, ecológicos y sociales. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- EBERT, U. & WELSCH, H. 2004. Meaningful environmental indexes: a social choice approach. *Journal of Environmental Economics and Management*, 270–283.
- ESTY, D. C., LEVY, M. A., SREBOTNJAK, T. & DE SHERBIN, A. 2005. Environmental Sustainability Index: Benchmarking National Environmental Stewardship. Yale Center for Environmental Law and Policy, New Haven: Conn.
- FERNÁNDEZ LATORRE, F. 2006. *Indicadores de sostenibilidad y medio ambiente: métodos y escalas.*, Sevilla.
- GALLOPÍN, G. C. 1997. Indicators and their use: information for decision making. In: MOLDAN, B. & BILLHARTZ, S. (eds.) *Sustainability indicators: Report of the project on Indicators of Sustainable Development*. UK: SCOPE. Wiley and Sons Ltd. Chichester.
- GALLOPÍN, G. C. 2003. *Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico*, Santiago de Chile.
- GÓMEZ-LIMÓN, J. A. & RIESGO, L. Alternative approaches on constructing a composite indicator to measure agricultural sustainability. 107th EAAE Seminar "Modelling of Agricultural and Rural Development Policies" January 29th -February 1st, 2008 Sevilla, Spain.
- HERMANSA, E., VAN DEN BOSSCHEB, F. & WETS, G. 2008. Combining road safety information in a performance index. *Accident Analysis and Prevention*, 1337–1344.
- KANG, S. M., KIM, M. S. & LEE, M. 2002. The trends of composite environmental indices in Korea. *Journal of Environmental Management*, 199–206.
- LEIVA MÁS, J., RODRÍGUEZ PICO, I. L. & MARTÍNEZ NODAL, P. 2012. Indicadores de sostenibilidad ambiental en universidades: una herramienta para la identificación y evaluación de soluciones tecnológicas. *Afinidad LXIX*, 558.
- LGMB, LOCAL GOVERNMENT MANAGEMENT BOARD 1993. A Framework for Local Sustainability. Luton: LGMB.
- LORENZO LINARES, H. & MORALES GARRIDO, G. 2013. GESTIÓN DE LA DIMENSIÓN MEDIOAMBIENTAL DEL DESARROLLO TURÍSTICO SOSTENIBLE EN EL HOTEL Z CAYO COCO PERTENECIENTE AL DESTINO TURÍSTICO JARDINES DEL REY.
- MÁRQUEZ, L. & CUÉTARA, L. 2008. Propuesta y aplicación de un sistema de indicadores para determinar el Índice de Desarrollo Sostenible Global (IDSG) de un destino turístico. Caso: Patanemo, Venezuela. *FACES XVII*.
- MARTÍNEZ DE LA VEGA, V., PÉREZ DORTA, F., ALONSO GUERRA, Á. & DUQUE JOVA, M. C. 2014. Diseño e implementación de sistema de indicadores de sostenibilidad turística para instalaciones y destinos de Jardines del Rey. *Forum de Ciencia y Técnica 2014*. Escuela de Hotelería y Turismo "Alberto Delgado Delgado".
- MARTÍNEZ VEGA, J., ECHAVARRÍA DASPET, P., GONZÁLEZ CASCÓN, V. & MARTÍNEZ CRUZ, N. 2009. Propuesta metodológica para el análisis de la sostenibilidad en la provincia de Cuenca. *Boletín de la A.G.E.*, N.º 49, 281-308.
- MEADOWS, D. 1998. Indicators and Information Systems for Sustainable Development. The Sustainability Institute.
- MEDEL GONZÁLEZ, F. 2012. *Procedimiento para la evaluación del desempeño ambiental. Aplicación en centrales eléctricas de la UEB de generación distribuida de Villa Clara.* . Master, Universidad Central "Martha Abreu" de Las Villas.

- MÉNDEZ DELGADO, E. & LLORET FEIJOÓ, M. D. C. 2012a. Índice de Desarrollo Humano Territorial.
- MÉNDEZ DELGADO, E. & LLORET FEIJOÓ, M. D. C. 2012b. Índice de desarrollo humano territorial comparado para Cuba en un cuarto de siglo. *Revista Humanum*, Boletín 81.
- MUNDA, G. & NARDO, M. On the methodological foundations of composite indicators used for ranking countries. Proceeding of the First OECD/JRC Workshop on Composite Indicators of Country Performance, 2003 Ispra. JRC.
- MYSQL. 2011. *Panorámica del sistema de gestión de base de datos MySQL* [Online]. Available: <http://dev.mysql.com/doc/refman/5.0/es/what-is.html> [Accessed 18/07/2014 2014].
- ONEI. 2009. Medio Ambiente. Estadísticas en la Revolución.
- ONEI. 2009. Cuba en cifras. Objetivos de desarrollo del milenio. 1990-2008. La Habana.
- PEREIRAS GARCÍA, E. 2014. *Procedimiento para la evaluación del desempeño ambiental como instrumento para la toma de decisiones*. . Máster en Informática para la Gestión Medioambiental, Universidad Central "Martha Abreu" de Las Villas.
- PÉREZ ALBERT, Y. & NEL LO ENDREU, M. 2013. Propuesta de indicadores para evaluar la sostenibilidad de la actividad turística. El caso del Valle de Viñales (Cuba). *Anales de Geografía*, 33.
- PUOLAMAA, M., KAPLAS, M. & REINIKAINEN, T. 1996. Index of Environmental Friendliness: a methodological study. *Eurostat/Statistics Finland*.
- QUIROGA MARTÍNEZ, R. 2007. Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile: Naciones Unidas. CEPAL.
- SAATY, R. W. & SAATY, T. L. 2003. The Analytic Hierarchy Process (AHP) for Decision Making and The Analytic Network Process (ANP) for Decision Making with Dependence and Feedback. In: FOUNDATION, C. D. (ed.). Pittsburgh: Disponible en: http://www.superdecisions.com/demos_tutorials.php3.
- SAATY, T. L. 1980. *The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation*, New York, McGraw-Hill.
- SAATY, T. L. 1996. *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*, Pittsburgh, USA, RWS Publications.
- SAATY, T. L. 2003. The seven pillars of the analytic hierarchy process. *Kobe*.
- SACHE, A. 2010. Choosing the Open-Source Framework for Web Application Development. *Open Source Science Journal*, 2, 5-22.
- SALINA CHÁVEZ, E. & LA O OSORIO, J. A. 2006. Turismo y sustentabilidad: de la teoría a la práctica en Cuba. *Cuadernos de Turismo*, enero-junio, 201-221.
- SAN-JOSÉ LOMBERA, J. T. & CUADRADO ROJO, J. 2010. Industrial building design stage based on a system approach to their environmental sustainability. *Construction and Building Materials*, 438–447.
- SEPÚLVEDA S., S. 2008. *Biograma: metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible de territorios*, San José, Costa Rica, IICA.
- TAO, C.-C. & HUNG, C.-C. 2003. A comparative approach of the quantitative models for sustainable transportation. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 4, 3329-3344.
- TOLEDO HERNÁNDEZ, C. 2010. Modelo de gerenciamento da logística reversa integrado às questões estratégicas das organizações. Guaratinguetá, Brazil: Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá,.
- TOLEDO HERNÁNDEZ, C., SILVA MARINS, F. A., MEDEIROS DA ROCHA, P. & RODRIGUEZ DURAN, J. A. 2010. Using AHP and ANP to Evaluate the Relation

- between Reverse Logistics and Corporate Performance in Brazilian Industry. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 7, 47-62.
- UNITED NATIONS, D. F. S. D. 2001. Indicators of Sustainable Development: guidelines and methodologies. New York: United Nations.Division for Sustainable Development.
- UNITED NATIONS, S. D. 1992. AGENDA 21. *United Nations Conference on Environment & Development*. Rio de Janeiro, Brazil.
- WANG, J.-Y., WANG, B. & ZHAO, Q.-C. 2006. Application of Balanced Scorecard and Analytic Network Process to Enterprise Performance Evaluation. *Industrial Engineering Journal*, 1, 4-17.
- XUE, Q. & WEI ZHUO, X. 2010. The Denitive Guide to Yii 1.1. <http://yiiframework.com>.
- YOON, K. P. & HWANG, C. L. 1995. Multiple Attribute Decision Making:an Introduction. In: PUBLICATIONS, S. (ed.). Thousand Oaks.
- YÜKSEL, I. & DAGDEVIREN, M. 2010. Using the fuzzy analytic network process (ANP) for Balanced Scorecard (BSC):A case study for a manufacturing firm. *Expert Systems with Applications*, 1270–1278.
- ZHOU, P., ANG, B. W. & POH, K. L. 2006. Comparing aggregating methods for constructing the composite environmental index: An objective measure. *Ecological Economics*, 305-311.

ANEXOS

Anexo 1 Listado inicial de indicadores

SISTEMA DE INDICADORES DE DESARROLLO SOSTENIBLE TERRITORIAL		
DIMENSION	ÁREA CLAVE	INDICADOR
Ambiental	Rehabilitación de los suelos	Superficie de suelo afectada por la salinización
		Índice de boscosidad
		Proporción de superficie agrícola beneficiada por el Plan Nacional de Manejo y Conservación de suelos
		Proporción de superficie agrícola en cuencas hidrográficas beneficiadas por el Plan Nacional de Manejo y Conservación de suelos
		Proporción de superficie agrícola en el Plan Turquino beneficiadas por el Plan Nacional de Manejo y Conservación de suelos
		Superficie dañada por incendios forestales
	Pérdida de la diversidad biológica	Proporción de áreas terrestres protegidas en relación a la superficie total

		Proporción de áreas marinas protegidas en relación a la superficie marina total.
		Dinámica de la captura bruta de peces de plataforma
	Contaminación atmosférica	Emisiones de GEI
		Emisiones de SO ₂ por superficie poblada
		Emisiones de NO _x por superficie poblada
		Emisiones de PM ₁₀
		Emisiones de PM _{2.5}
	Gestión de recursos hídricos	Extracción agua dulce con relación a la disponible
		Disponibilidad de agua por habitante
		Carga contaminante dispuesta por habitante
Porcentaje de efluentes colectados que recibe tratamiento		
Social	Salud	Tasa de mortalidad infantil en niños menores de 5 años
		Esperanza de vida al nacer
		Índice de bajo peso al nacer
		Cobertura de abasto de agua

		potable
		Cobertura de saneamiento
	Educación	Porcentaje de la población en edad laboral con nivel medio o superior
		Retención en el ciclo normal de la enseñanza primaria
	Equidad	Tasa de desocupación
		Relación entre la tasa de desocupación de la mujer y el hombre
		Gastos en Asistencia Social en relación al total de gastos presupuestados
		Dotación normal de camas en unidades de asistencia social
		Participación en las últimas elecciones de los delegados a la APPP
Económica	Desarrollo económico	Tasa de crecimiento de la producción mercantil a precios corrientes
		Volumen de inversiones per cápita
		Volumen de inversiones en la actividad de ciencia e

		innovación tecnológica
		Productividad del trabajo
		Salario medio mensual
	Uso de la energía	Intensidad energética
		Energía sustituida dispositivos generadores de energía renovable
		Consumo de biomasa en relación a la producción
	Generación de desechos	Volumen de desechos sólidos recogidos por habitante y día
		Volumen de materias primas recicladas

Anexo 2 Ficha de los indicadores

Dimensión: Ambiental	Área clave: Rehabilitación de los suelos
Indicador: Índice de boscosidad	
Unidad de medida: %	
Descripción: Es la relación entre el área cubierta de bosques existentes en un determinado territorio y la superficie total de ese territorio. El área cubierta de bosques es la suma de los bosques naturales y las plantaciones o bosques plantados.	
Método de cálculo: Índice de boscosidad = (Superficie cubierta de bosques/Superficie total)*100	
Relevancia para la sostenibilidad: Su importancia, además de los recursos que proporciona, es incuestionable para reducir o aminorar los efectos de los gases de efecto invernadero, impedir la desertificación y servir de hábitat a numerosas especies vegetales y animales. Este es un indicador de uso universal y se emplea en las formulaciones de política forestal, planeamiento, entre otras. Su monitoreo permite ajustar planes y acciones en los programas de desarrollo forestal.	
Fuente: ONEI	
Valor deseado	Tomado de la serie de datos

Dimensión: Ambiental	Área clave: Rehabilitación de los suelos
Indicador: Proporción de áreas beneficiadas por el Plan Nacional de Manejo y Conservación de suelos en relación a lo planificado.	
Unidad de medida: %	
Descripción: -	
Método de cálculo: Es el cociente de las áreas beneficiadas por las medidas de conservación y rehabilitación de suelos entre las áreas planificadas para beneficiar en el período multiplicado por 100.	

Relevancia para la sostenibilidad: La degradación de los suelos es el resultado del mal uso y manejo de las tierras por el hombre. Este indicador ayuda a monitorear el cumplimiento de los planes de manejo y conservación de los suelos.	
Fuente: Dirección Provincial de Suelos y Fertilizantes. MINAG	
Valor deseado	100%

Dimensión: Ambiental	Área clave: Rehabilitación de los suelos
Indicador: Proporción de áreas beneficiadas del Plan Turquino por el Plan Nacional de Manejo y Conservación de suelos	
Unidad de medida: %	
Descripción: -	
Método de cálculo: Es el cociente de las áreas beneficiadas por las medidas de conservación y rehabilitación de suelos del Plan Turquino entre las áreas planificadas para beneficiar en el período multiplicado por 100.	
Relevancia para la sostenibilidad: Las áreas del Plan Turquino requieren atención especial, la erosión es el principal tipo de degradación de los suelos que afecta.	
Fuente: Dirección Provincial de Suelos y Fertilizantes. MINAG	
Valor deseado	100%

Dimensión: Ambiental	Área clave: Rehabilitación de los suelos
Indicador: Proporción de áreas beneficiadas de cuencas de interés nacional por el Plan Nacional de Manejo y Conservación de suelos	
Unidad de medida: %	
Descripción: -	
Método de cálculo: Es el cociente de las áreas beneficiadas por las medidas de conservación y rehabilitación de suelos de cuencas hidrográficas de interés nacional entre	

las áreas planificadas para beneficiar en el período multiplicado por 100.	
Relevancia para la sostenibilidad: Las cuencas hidrográficas requieren atención especial, por el considerable volumen de reservas existentes, la facilidad de captación de las mismas por la poca profundidad de los acuíferos y, por último, la calidad de las aguas que las hacen aptas para múltiples usos y exigencias.	
Fuente: Dirección Provincial de Suelos y Fertilizantes. MINAG	
Valor deseado	100%

Dimensión: Ambiental	Área clave: Pérdida de la diversidad biológica
Indicador: Proporción de áreas marinas protegidas respecto a la superficie marina total.	
Unidad de medida: %	
Descripción: -	
Método de cálculo: Se divide la superficie de áreas marinas protegidas entre el área correspondiente a la plataforma marina y se multiplica por 100.	
Relevancia para la sostenibilidad: La variación en este indicador dará señal en relación al cuidado que se está proporcionando a lugares que requieren preservarse por su valor natural, aumentando el cuidado y conservación de los recursos que se encuentran en ella, como son las especies, los ecosistemas y en general la protección de la biodiversidad, así como, valores histórico culturales que puedan existir en ella.	
Fuente: Calculado con datos ONEI	
Valor deseado	Tomado de la serie de datos.

Dimensión: Ambiental	Área clave: Pérdida de la diversidad biológica
Indicador: Proporción de superficie de áreas terrestres protegidas en relación a la	

superficie terrestre total.	
Unidad de medida: %	
Descripción: -	
Método de cálculo: Se divide la superficie de áreas terrestres protegidas entre área total del territorio y se multiplica por 100.	
Relevancia para la sostenibilidad: La variación en este indicador dará señal en relación al cuidado que se está proporcionando a lugares que requieren preservarse por su valor natural, aumentando el cuidado y conservación de los recursos que se encuentran en ella, como son las especies, los ecosistemas y en general la protección de la biodiversidad, así como, valores histórico culturales que puedan existir en ella.	
Fuente: ONEI	
Valor deseado	Tomado de la serie de datos

Dimensión: Ambiental	Área clave: Gestión de recursos hídricos	
Indicador: Extracción agua dulce con relación a la disponible		
Unidad de medida: %		
Descripción: El propósito de este indicador es mostrar el grado en el que los recursos renovables de agua dulce están siendo explotados para conocer las demandas de agua y la vulnerabilidad a las sequías.		
Método de cálculo: En el país la proporción de los recursos hídricos utilizados expresa la relación entre el volumen total extraído de aguas subterráneas y superficiales y el volumen total de agua disponible para la explotación de acuerdo a la infraestructura hidráulica		
Relevancia para la sostenibilidad: El agua dulce es soporte esencial para la vida humana, para los ecosistemas y para el desarrollo económico. La sostenibilidad del agua a largo plazo está en duda en muchas regiones del mundo.		
Fuente: Empresa de Aprovechamiento Hidráulico. Villa Clara.		
Valor deseado	Mínimo: 0%	Máximo: 100%

Dimensión: Ambiental	Área clave: Gestión de recursos hídricos
Indicador: Carga contaminante dispuesta por habitante	
Unidad de medida: t DBO/hab	
Descripción: Se refiere a la carga contaminante dispuesta por los residuales líquidos, de origen orgánico y biodegradable.	
Método de cálculo: Se calcula la proporción entre la carga contaminante dispuesta por los residuales líquidos, de origen orgánico y biodegradable, con relación a la población total.	
Relevancia para la sostenibilidad: Este indicador permite darle seguimiento a la contaminación de las aguas.	
Fuente: ONEI	
Valor deseado	Tomado de la serie de datos

Dimensión: Social	Área clave: Salud
Indicador: Tasa de mortalidad infantil en niños menores de 5 años	
Unidad de medida: /1000 nacidos vivos	
Descripción: La probabilidad de morir entre el nacimiento y antes de cumplir exactamente 5 años de edad.	
Método de cálculo: Se calcula como el cociente de los nacidos vivos que mueren antes de cumplir los 5 años de edad y el total de nacidos vivos, durante un mismo periodo de tiempo, por 1000.	
Relevancia para la sostenibilidad: Estas mediciones reflejan, mejor que la tasa de mortalidad de menores de un año, la carga de enfermedades en la infancia, incluidas las que pueden prevenirse con mejor nutrición y programas de inmunización.	
Fuente: ONEI	

Valores límites	Mínimo:	Máximo:
------------------------	----------------	----------------

Dimensión: Social	Área clave: Salud
Indicador: Índice de bajo peso al nacer	
Unidad de medida: %	
Descripción: Es la incidencia de nacidos vivos con bajo peso al nacer, expresado en por ciento. El peso al nacer es el obtenido dentro de la primera hora de vida, antes de que comience a tener lugar la pérdida de peso postnatal. Todo producto de la concepción que, después de ser extraído o expulsado completo del cuerpo de la madre pese menos de 2 500 gramos, se considera que tiene bajo peso al nacer.	
Método de cálculo: Se divide el total de nacidos vivos con bajo peso al nacer entre los nacidos vivos y se multiplica por 100.	
Relevancia para la sostenibilidad: Este indicador es muy utilizado a nivel internacional pues constituye muestra del estado de salud de la población infantil, así como del desarrollo en la salud y desarrollo social alcanzado en una nación o territorio.	
Fuente: ONEI	
Valor deseado	Tomado de la serie de datos

Dimensión: Social	Área clave: Salud
Indicador: Cobertura de abasto de agua potable	
Unidad de medida: %	
Descripción: Muestra el porcentaje de la población que tiene acceso a una cantidad suficiente de agua potable en su vivienda, o a una distancia razonable de ella.	
Método de cálculo: Es el cociente de la población que tiene acceso a agua potable entre la población total por 100.	
Relevancia para la sostenibilidad: Es un indicador que permite cuantificar el por ciento	

de personas que tiene acceso adecuado a agua potable o segura, que garantiza su protección a enfermedades de transmisión hídrica.	
Fuente: ONEI	
Valor deseado	100%

Dimensión: Social	Área clave: Salud
Indicador: Cobertura de saneamiento	
Unidad de medida: %	
Descripción: Es la proporción de la población con acceso a instalaciones sanitarias para la eliminación de los excrementos humanos en su vivienda o en las proximidades inmediatas de esta, en relación con la población total del territorio.	
Método de cálculo: Es cociente de la población con servicio de saneamiento entre la población total por 100.	
Relevancia para la sostenibilidad: La finalidad del indicador es seguir los progresos en el acceso de la población a instalaciones de saneamiento. Se trata de un indicador básico de gran utilidad para evaluar lo que respecta a la salud humana.	
Fuente: ONEI	
Valor deseado	100%

Dimensión: Social	Área clave: Educación
Indicador: Porcentaje de la población en edad laboral con nivel medio o superior	
Unidad de medida: %	
Descripción: -	
Método de cálculo: Se calcula el porcentaje de la población en edad laboral que ha vencido el nivel de enseñanza medio o superior en relación a la población en edad laboral	

total.	
Relevancia para la sostenibilidad: Este indicador refleja el nivel educacional de la sociedad.	
Fuente: ONEI	
Valor deseado	Tomado de la serie de datos.

Dimensión: Social	Área clave: Estructura demográfica
Indicador: Esperanza de vida al nacer	
Unidad de medida: años	
Descripción: Representa el número promedio de años que le correspondería vivir a una persona bajo las condiciones de mortalidad para la cual se realiza el cálculo, desde el nacimiento hasta la última edad que se considere. Cuando el cálculo se hace para la edad cero se denomina esperanza de vida al nacer.	
Método de cálculo: Dato suministrado por la fuente.	
Relevancia para la sostenibilidad: Este indicador constituye uno de los valores más utilizados en los estudios sobre desarrollo humano, desarrollo socioeconómico y sobre todo en las comparaciones entre países y entre distintos territorios, pues constituye muestra de la calidad de vida de una sociedad.	
Fuente: ONEI	
Valor deseado	Tomado de la serie de datos.

Dimensión: Social	Área clave: Equidad
Indicador: Tasa de desocupación	
Unidad de medida: %	
Descripción:	

Método de cálculo: Es la razón que existe entre el número de desocupados y la población económicamente activa (ocupados y desocupados) multiplicada por 100.	
Relevancia para la sostenibilidad: Expresa el grado de acceso al empleo, fuente principal de ingresos.	
Fuente: ONEI	
Valor deseado	Tomado de la serie de datos.

Dimensión: Social	Área clave: Equidad
Indicador: Relación entre la tasa de desocupación de la mujer y el hombre.	
Unidad de medida: -	
Descripción: -	
Método de cálculo: Es el cociente de la tasa de desocupación de la mujer entre la tasa de desocupación del hombre.	
Relevancia para la sostenibilidad: Es un indicador que sirve para evaluar la igualdad del hombre y la mujer en cuanto al acceso al empleo.	
Fuente: ONEI	
Valor deseado	100%

Dimensión: Económica	Área clave: Desarrollo económico
Indicador: Volumen de inversiones per cápita	
Unidad de medida: MP/hab	
Descripción: El indicador expresa el volumen de inversiones en relación a la población del territorio.	
Método de cálculo: Se divide el volumen de inversiones ejecutadas entre la población del territorio.	

Relevancia para la sostenibilidad: Este indicador es útil para medir el estímulo a la economía reflejado a través de capital financiero destinado a impulsar el proceso de desarrollo.	
Fuente: ONEI	
Valor deseado	Tomado de la serie de datos.

Dimensión: Económica	Área clave: Desarrollo económico
Indicador: Tasa de crecimiento anual de la producción mercantil	
Unidad de medida: pesos	
Descripción: La producción mercantil es la expresión en valor de los bienes, trabajos y servicios terminados y/o producidos durante el período que se informa y que son destinados a la venta. Este indicador se calcula dividiendo la producción mercantil del año entre la del año anterior multiplicado por 100.	
Método de cálculo: Dato suministrado por la fuente.	
Relevancia para la sostenibilidad: Permite analizar el desarrollo económico del territorio en un período determinado.	
Fuente: ONEI	
Valor deseado	Tomado de la serie de datos.

Dimensión: Económica	Área clave: Uso de la energía
Indicador: Intensidad energética	
Unidad de medida: tcc/MP	
Descripción: -	
Método de cálculo: Es el uso de energía comercial medido en toneladas de combustible convencional por miles de pesos de la producción mercantil.	

Relevancia para la sostenibilidad: La relación entre el crecimiento económico de un país y su consumo de energía es uno de los indicadores básicos para medir la eficiencia energética. La meta sería generar riqueza económica con un menor consumo de recursos energéticos. Se incluye la electricidad.	
Fuente: ONEI	
Valor deseado	Tomado de la serie de datos.

Dimensión: Económica	Área clave: Uso de la energía
Indicador: Energía sustituida por dispositivos generadores de energía alternativa	
Unidad de medida: tep	
Descripción: Energía sustituida por fuentes renovables, entre ellos molinos de viento, arietes hidráulicos, digestores de biogás, plantas de biogás, paneles fotovoltaicos y aerogeneradores.	
Método de cálculo: Dato suministrado por la fuente.	
Relevancia para la sostenibilidad: El empleo de fuentes de energía alternativas de origen renovable es uno de los objetivos de la política ambiental pues generan mucho menos impactos al medio ambiente que los combustibles fósiles.	
Fuente: ONEI	
Valor deseado	Tomado de la serie de datos.

Dimensión: Económica	Área clave: Uso de la energía
Indicador: Consumo de biomasa respecto a la producción	
Unidad de medida: tep	
Descripción: -	
Método de cálculo: Dato suministrado por la fuente.	

Relevancia para la sostenibilidad: El aprovechamiento de fuentes de energía alternativas es uno de los objetivos de la política ambiental.	
Fuente: ONEI	
Valor deseado	Tomado de la serie de datos.

Dimensión: Económica	Área clave: Generación de residuos sólidos
Indicador: Volumen de desechos sólidos recogidos por habitante y día	
Unidad de medida: m ³ /hab	
Descripción: El indicador cuantifica los residuos sólidos generados por la población.	
Método de cálculo: Cantidad total residuos de residuos entre el total de habitantes del territorio.	
Relevancia para la sostenibilidad: La producción, gestión y eliminación de los residuos urbanos es uno de los aspectos más preocupantes en relación con la sostenibilidad del desarrollo y la degradación del medio ambiente. La adecuada gestión de residuos debe tener como punto de partida la prevención de su generación y de su peligrosidad, así como el fomento de su reutilización, y valorización.	
Fuente: ONEI	
Valor deseado	Tomado de la serie de datos.

Dimensión: Ambiental	Área clave: Transporte
Indicador: Cantidad de pasajeros transportados en ómnibus de uso público por habitante	
Unidad de medida: Mpasaj/hab	
Descripción: El indicador muestra el número de viajeros en transporte público.	
Método de cálculo: Se divide el número de pasajeros transportados por ómnibus de transporte público entre la población total.	

Relevancia para la sostenibilidad: El transporte público se configura como la alternativa al transporte privado. Su incremento de uso, mejora la calidad de vida en las ciudades y el medio ambiente global.		
Fuente: Calculado a partir de datos suministrados por la ONEI		
Valores límites	Mínimo:	Máximo:

Dimensión: Económica	Área clave: Transporte
Indicador: Tráfico de carga	
Descripción: Es la magnitud del trabajo en el transporte de carga. Combina la carga y la distancia a la que se transportan los productos y/o mercancías.	
Método de cálculo: Se multiplica el peso en toneladas métricas de cada transportación por la distancia en kilómetros que recorre.	
Relevancia para la sostenibilidad: Expresa desarrollo del comercio y la economía.	
Fuente: ONEI	
Valor deseado	Tomado de la serie de datos.

Anexo 3 Evolución de los indicadores en el período 2008-2012

Indicador	2008	2009	2010	2011	2012
Índice de boscosidad (%)	21.3	22.0	22.3	22.5	22.8
Áreas beneficiadas por el PNMCS en relación al plan (%)	101	106	106	103	102
Áreas beneficiadas por el PNMCS de cuencas hidrográficas en relación al plan (%)	175	101	101	103	107
Áreas beneficiadas por el PNMCS del Plan Turquino en relación al plan (%)	154	101	103	103	103
Proporción de superficie de áreas terrestres protegidas en relación a la superficie total (%)	4.54	4.54	4.54	4.54	5.15
Proporción de superficie de áreas marinas protegidas en relación a la superficie marina total (%)	18.90	18.90	18.97	18.97	22.08
Dinámica de la captura bruta de peces de plataforma (%)	98.3	91.2	87.6	97.5	107.6
Extracción de agua dulce con relación a la disponible (%)	85.17	93.85	89.97	85.99	79.53
Carga contaminante dispuesta por habitante (t DBO/año)	0.0122	0.0129	0.0126	0.0116	0.0110
Tasa de mortalidad infantil en niños menores de 5 años (0/00 nacidos vivos)	5.0	4.9	3.3	6.7	6.1
Índice de bajo peso al nacer (%)	4.6	4.4	4.4	4.5	4.2
Esperanza de vida al nacer (años)	79.1	79.1	79.1	79.1	79.43

Cobertura de abasto de agua potable (%)	93.9	97.9	98.6	98.8	100
Cobertura de sanemiento (%)	100	100	100	100	100
Porcentaje de la población en edad laboral con nivel educacional medio superior o superior (%)	62.78	64.20	67.29	68.43	67.58
Retención en el ciclo normal de la enseñanza primaria (%)	98.3	98.6	97.9	97.6	98.6
Tasa de desocupación (%)	1.0	1.3	1.6	2.9	3.4
Relación entre la tasa de desocupación de la mujer y la del hombre (%)	174.3	92.3	120	140	102.9
Dotación normal de camas en unidades de asistencia social (u)	1346	1346	1346	1361	1381
Participación en las elecciones de los delegados a la Asamblea Provincial del Poder Popular (%)	97.7	97.7	97.7	97.7	91.9
Tasa de crecimiento de la Producción mercantil a precios corrientes (%)	117.7	116.5	99.02	111	98.8
Volumen de inversiones per cápita (P/hab)	284.07	238.65	143.32	218.75	160.14
Volumen de inversiones en las ramas de la ciencia e innovación tecnológica	0.0047	0.0193	0.0	0.0577	0.0309
Intensidad energética(tcc/MP)	0.097	0.077	0.077	0.072	0.072
Energía sustituida por fuentes alternativas (tep)	1512.7	857.8	808.7	630.6	864.4
Consumo de biomasa en relación a la	15.08	97.80	100	100	99.90

producción					
Volumen de desechos sólidos recogidos por habitante (m ³ /hab)	2.02	1.91	1.21	1.35	1.71
Pasajeros transportados en ómnibus de transporte público por habitante (M pasaj/hab)	0.0344	0.0372	0.0334	0.0360	0.0366
Tráfico de carga (MM T-km)	232.7	208.5	212.6	188.0	314.8

Anexo 4 Unidades de medida y abreviaturas

Abreviatura	Significado
DBO	Demanda Biológica de Oxígeno
hab	Habitante
km	Kilómetro
m ³	Metro cúbico
M	Millar, mil
MM	Millón
P	Pesos (moneda cubana)
pasaj	Pasajero
t	Tonelada métrica
T	Tonelada
tcc	Toneladas combustible convencional
tep	Toneladas equivalente de petróleo
u	Unidad
%	Por ciento
0/00	Por mil
