

# Un análisis territorial de desarrollo sostenible, comuna de Renca, Santiago de Chile

Andrés Olivares Rubilar<sup>1</sup>, María Elisa Zanella<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Magíster del Programa de Posgrado en Desarrollo y Medio Ambiente - PRODEMA de la Universidad Federal de Ceará.

**E-mail:** olivares.rubilar@gmail.com

<sup>2</sup>Profesora del Programa de Posgrado en Desarrollo y Medio Ambiente - PRODEMA de la Universidad Federal de Ceará.

**E-mail:** elisazv@terra.com.br

Fecha de recepción: 13/12/2019

Fecha de aceptación: 05/05/2020

## RESUMEN

El desarrollo sostenible es un desafío relevante, una materia diversa y polémica, que instala la discusión sobre aspectos sensibles de la convivencia social, como la desigualdad económica, condiciones de habitabilidad y protección ambiental, entre otros. Alcanzar los objetivos propuestos en el marco de este paradigma, implica observar y monitorear los impactos territoriales de las acciones emprendidas, cuestión que requiere la generación de indicadores que permitan monitorear los procesos y guiar la toma de decisiones. Así, la investigación que da origen a este artículo tiene por objetivo aplicar una metodología que facilite el análisis de las características económicas, sociales y ambientales, entendidas como factores que componen y expresan el grado de desarrollo de cada dimensión. Para el análisis de los datos, se aplicó un proceso metodológico que integra la Metodología de Evaluación Multicriterio y el Sistema de Información Geográfica, lo que permitió analizar variables tales como: grupo socioeconómico, edad de los habitantes, años de estudio, densidad de población, presencia de áreas verdes y materialidad de la vivienda, entre otros. El estudio de caso consideró el territorio comprendido por la Comuna de Renca, ubicada en la Región Metropolitana de Santiago de Chile. Los resultados son expresados a nivel de manzanas censales, con valores de referencia que fluctúan entre 1 y 9, expresados en dimensiones y subdimensiones. En términos de sostenibilidad la comuna demostró cierta homogeneidad en los indicadores, localizando a un 91,77% de la población en nivel medio, seguidos a distancia por un 4,28% en nivel alto y finalmente, un 3,95% en nivel bajo, en la escala de evaluación general. En cuanto a los valores de referencia obtenidos para el indicador general de sostenibilidad, estos se localizaron entre 2,39 y 6,54 de la escala 1 a 9, lo que pone en evidencia un desarrollo medio bajo de las dimensiones analizadas.

**Palabras clave:** Desarrollo Sostenible; Indicadores Territoriales; Evaluación Multicriterio; Sistemas de Información Geográfica.

## ABSTRACT

Sustainable development is a relevant challenge, a diverse and controversial subject, which sets the discussion on sensitive aspects of social coexistence, such as economic inequality, living conditions and environmental protection, in the others. Achieving the proposed objectives within the framework of this paradigm involves observing and monitoring the territorial impacts of the actions undertaken, an issue that requires the generation of indicators to monitor processes and guide decision-making. Thus, the research that gives rise to this article, aims to apply a methodology that facilitates the analysis of economic, social and environmental characteristics, understood as factors that compose and express the degree of development of each dimension. To the analysis of the data, a methodological process was applied that integrates the Multicriteria Evaluation Methodology and the Geographic Information System, which allowed to analyze variables such as socioeconomic group, population age, years of study, population density, presence of green areas and materiality of housing, in the others. The case study considered the territory covered by the Renca Commune, located in the Metropolitan Region of Santiago de Chile. The results are expressed at the level of census apples, with reference values fluctuating between 1 and 9, expressed in dimensions and sub dimensions. In terms of sustainability, the commune demonstrated some homogeneity in the indicators, locating 91.77% of the population at medium level, followed at a distance by 4.28% at high level and finally, 3.95% at low level, on the overall evaluation scale. As for reference values obtained for the overall sustainability indicator, these were located between 2.39 and 6.54 of scale 1 to 9, which highlights a low average development of the dimensions analyzed.

**Keywords:** Sustainable Development; Territorial Indicators; Multicriteria Evaluation; Geographic Information Systems.

## INTRODUCCIÓN

Satisfacer las necesidades de las generaciones actuales, sin comprometer los recursos y las oportunidades para la satisfacción de las necesidades de generaciones futuras (Naciones Unidas, ONU, 1987), frase con la que se define el término desarrollo sostenible, implica la participación y el compromiso de diversos sectores de la sociedad. La complejidad de los temas abordados, los amplios escenarios de acción y la dinámica interacción de los elementos en el territorio, demandan un enfoque holístico y un actuar profesional multidisciplinario para proponer y desarrollar diversos análisis de contexto, que grafiquen las formas en que se percibe el desarrollo a nivel territorial.

Múltiples visiones y reflexiones en relación a las dimensiones del desarrollo sostenible, definen conceptos y teorías sobre las formas en que interactúan los elementos que lo configuran. Se trata de un intento por representar los escenarios en los cuales la sociedad se está desarrollando, aquellos que probablemente enfrentaremos o los que preferiríamos experimentar como un ideal de equilibrio. Bajo este enfoque, el desarrollo sostenible propone una interacción equilibrada de las dimensiones económica, social y ambiental, posicionándose como paradigma anhelado por grupos humanos,

sociedades y naciones:

*La decisión de lanzar un proceso para preparar un conjunto de ODS<sup>1</sup> fue adoptada por los Estados Miembros de las Naciones Unidas en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (Río+20), celebrada en Río de Janeiro en junio de 2012. (ONU, 2015a)*

Chile, como Estado Miembro de las Naciones Unidas, adhiere a los Objetivos del Desarrollo Sostenible, implementando desde las diversas instituciones acciones que permitan alcanzar las metas propuestas para cada objetivo y cuyo resultado conjunto impacte positivamente al grupo de elementos que interactúa en el territorio. Es precisamente el proceso de análisis territorial conjunto, aquel ejercicio que permite graficar una expresión espacializada de desarrollo sostenible, la que se presenta débil entre los indicadores. Esto se debe, entre otras cosas, a la disponibilidad, calidad, variedad y pertinencia de los datos que pueden ser incorporados al proceso de evaluación territorial sostenible, en diferentes escalas y realidades.

Para que el proceso de desarrollo sea abordado por medio de objetivos de carácter sostenible y se exprese de forma concreta, más allá de una declaración de buenas intenciones, requiere de una visibilización de sus impactos por medio de diversos e innovadores indicadores. Es necesario traspasar el umbral de la expresión económica-cuantitativa y su referente, el Producto Interno Bruto (PIB), apostando además por representaciones que expresen aspectos cualitativos y territoriales, considerando la expresión espacio temporal de los procesos de desarrollo y la integralidad del concepto sostenibilidad. Bien lo manifiesta Stiglitz en su conferencia “El desarrollo no es solo crecimiento del PIB”, dando a entender con sus palabras la envergadura del desafío:

*El desarrollo tiene algunos aspectos adicionales que considerar [...] se trata en el fondo de una transformación de la sociedad, de un movimiento que cambie relaciones tradicionales y viejas formas de pensar. [...] Se trata de aceptar el cambio, pero también de promoverlo. (2002, p. 81)*

El trabajo de investigación que da origen a este artículo tuvo por objetivo aplicar una metodología que facilite el análisis de las características económicas, sociales y ambientales del área de estudio, comprendidas como factores que componen y expresan el grado de desarrollo de las dimensiones de la sostenibilidad.

### ***Evolución conceptual de sostenibilidad***

Con el paso del tiempo surgen preocupaciones sobre cuestiones medioambientales, debido a los impactos generados por los procesos de industrialización y algunos de sus efectos colaterales, como el incremento de aglomeraciones urbanas. Es innegable la relación causa-efecto que provoca el crecimiento de actividades industriales, lo que conduce a un estado inicial de conciencia sobre los efectos negativos generados sobre el ecosistema. Este proceso de reflexión comenzó a conceptualizar los fenómenos y procesos observados, dando lugar a paradigmas incipientes del desarrollo. Con todo, el término desarrollo sostenible fue reportado por primera vez por Robert Allen en su libro *Cómo salvar*

---

<sup>1</sup> Objetivos de Desarrollo Sostenible

el mundo. Estrategia mundial para la conservación: la conservación de los recursos vivos para el logro de un desarrollo sostenible, de 1980 (Camargo, 2005). El término es incorporado en la publicación *Nuestro futuro común*, nombre original del Informe Brundtland de Naciones Unidas de 1987 (Pardo, 1988).

En junio de 1992 se celebró en Río de Janeiro, Brasil, la mundialmente conocida Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, también denominada Cumbre de la Tierra. Durante esta asamblea, entre otros acuerdos, se reafirmó la declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, realizada en junio de 1972, también conocida como la Declaración de Estocolmo. En ella se invitó a sus miembros a establecer una asociación mundial nueva y equitativa, que aumentara los niveles de cooperación entre los Estados y los sectores claves de las sociedades y las personas (ONU, 1992). En otras palabras, vincula a los diferentes actores sociales, públicos y privados, así como a la sociedad civil, apelando incluso al nivel individual.

Es así como, durante estos años, el concepto de desarrollo comenzó a estructurarse, surgiendo varias definiciones que incorporaron elementos importantes. Según Maimon:

*El desarrollo sostenible busca simultáneamente la eficiencia económica, la justicia social y la armonía medioambiental. Más que un nuevo concepto, es un proceso de cambio en el que la explotación de los recursos, la orientación de las inversiones, la dirección del desarrollo ecológico y el cambio institucional deben tener en cuenta las necesidades de las generaciones futuras. (1996, p. 72; la traducción es mía)*

La integración de las dimensiones económica, social y ambiental se hace presente en las definiciones, haciéndolas prácticamente indivisibles. La comprensión de estas dimensiones en conjunto, plantea un primer acercamiento al concepto desarrollo sostenible, lo que implica una nueva forma de percibir las soluciones a los problemas globales que afectan a las dimensiones mencionadas, que no solo se reducen a la degradación ambiental entendida como un fenómeno aislado, sino más bien a la tendencia de incorporar dimensiones sociales, políticas y culturales, como la pobreza y la exclusión social, donde surgen procesos anormales que interfieren negativamente en la naturaleza (Camargo, 2005, p. 72). Como complemento a esta visión integradora de las dimensiones de la sostenibilidad y la realización del hombre en el medio ambiente, se puede mencionar la importante contribución de Amartya Sen, cuando se refiere al concepto desarrollo como “un proceso de expansión de las libertades reales de que disfrutaran los individuos” (2000, p. 19), entendiendo que esta expansión de libertades está vinculada al goce y disfrute de los beneficios en la amplitud de dimensiones.

El desarrollo sostenible se percibe como el surgimiento de un nuevo paradigma, capaz de favorecer la orientación de los procesos y revalorizar las relaciones entre la economía y la sociedad con la naturaleza, así como las relaciones del Estado con la sociedad civil, según Carlos Jara (2001). Es importante destacar la reflexión de este autor respecto de la oportunidad que se abre para la participación de la ciudadanía en interacción con el Estado.

Pasando por instancias relevantes como la Asamblea del Milenio en septiembre del año 2000, la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible realizada en Johannesburgo entre agosto y septiembre de 2002 y la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible: Río+20 realizada en

Brasil en junio de 2012, el concepto toma cuerpo y se instala cada vez de forma más precisa en las agendas gubernamentales. Ejemplo de ello es el producto final de la cumbre Río+20, el documento El futuro que queremos, donde además del análisis se plantea un ideal diseñado para los próximos veinte años. En esta cumbre, se reafirmaron los compromisos y se hizo especial hincapié en la necesidad de abordar de manera amplia el desarrollo sostenible, al promover acciones concretas en sus dimensiones. También reconoció la necesidad de adoptar métodos integrales de medición de los progresos, que impliquen procesos fiables y representativos, de manera de transformar los resultados en información sólida para respaldar mejor las decisiones políticas (ONU, 2012). Es precisamente en este último punto donde consideramos que desde el mundo académico podemos hacernos partícipes, contribuyendo con propuestas para un análisis integral de los factores que conforman la sostenibilidad territorial.

Finalmente, a partir de la Asamblea General de las Naciones Unidas celebrada en septiembre de 2015, correspondiente a la 70ª sesión, fue aprobado el documento Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Este nuevo reto se planteó como continuación de las propuestas planteadas en la Declaración del Milenio del año 2000, al definir los 17 objetivos y 169 metas que conocemos hoy, que “demuestran la magnitud de esta ambiciosa nueva Agenda universal” (ONU, 2015, p. 1).

Desde el Club de Roma hasta la actual Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, se han hecho intentos por establecer parámetros comunes que permitan planificar estrategias apropiadas para abordar cada una de las áreas en cuestión. Habiéndose planteado el carácter integrado e indivisibles de los objetivos y metas, la cambiante realidad demanda propuestas versátiles y una tarea en constante evolución para abordar la elaboración de indicadores de sostenibilidad, que sean pertinentes, fiables y que expresen territorialmente los alcances. Al respecto es interesante considerar la perspectiva planteada por Rayén Quiroga:

*Un indicador de desarrollo sostenible debe dar cuenta del nivel efectivo respecto a las metas evocadas en el concepto de sostenibilidad, y debe evaluar el progreso del bienestar humano y del ecosistema que lo rodea [...]. Constituyen una herramienta para la que no existe una metodología única de construcción, sin embargo, ayudan al diseño y evaluación de políticas públicas, contribuyendo a la toma de decisiones [...]. (Quiroga, 2001, 2002 y 2007, en Pérez y Hernández, 2015, p. 3)*

Desde la institucionalidad internacional existe atención respecto de la generación de indicadores, como lo plantea Durán:

*[...] en el seno de los países de la OCDE, el desarrollo sostenible sigue constituyendo una de las actividades claves de cara al siglo próximo, el desarrollo de indicadores de sustentabilidad desde un enfoque integrado, es decir, que abarquen las tres dimensiones del desarrollo sostenible, se encuentra entre sus proyectos junto a otras tareas como cambio climático, desarrollo tecnológico y el impacto medioambiental de los subsidios”. (2012, p. 15)*

## 1. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación consideró antecedentes ligados a las diversas dimensiones del desarrollo

sostenible (económico, social y ambiental), motivo por el cual requirió la aplicación de enfoques de análisis cualitativos y cuantitativos.

- a) Enfoque cuantitativo: aplicado para analizar la asociación o relación entre variables cuantificadas. El carácter numérico de los valores contenidos en las bases de datos se expresa en escalas ordinales y de intervalo.
- b) Enfoque cualitativo: para el análisis de contextos estructurales y la identificación de clases dentro de los rangos de valores y relaciones dinámicas entre las dimensiones de la sostenibilidad. Se utiliza una escala de orden numérico nominal, asociada al nivel de clasificación realizado a partir de los valores observados.

Estos enfoques son integrados por medio de la Metodología de Evaluación Multicriterio (EMC), lo cual permite estructurar una regla de análisis, cuyos datos posteriormente se incorporan en un Sistema de Información Geográfica (SIG). Como mencionan Gómez y Barredo (2005), la integración de estos dos elementos (EMC y SIG), permite realizar procedimientos de análisis simultáneos en relación con los dos componentes esenciales de los datos geográficos: espaciales y temáticos, proporcionando una alternativa fiable al análisis de una situación espacial compleja.

### **1.1 Principales características de la evaluación multicriterio (EMC)**

La selección de la EMC se debe a que es una metodología versátil, cuya aplicabilidad es ampliamente reconocida en procesos de análisis y toma de decisiones.

*La evaluación multicriterio puede definirse como un conjunto de técnicas orientadas a asistir en los procesos de toma de decisiones. El fin básico de las técnicas de EMC es “investigar un número de alternativas bajo la luz de múltiples criterios y objetivos conflictivos” [...]. Según eso es posible “generar soluciones compromiso y jerarquizaciones de las alternativas de acuerdo a su grado de atracción” [...]. (Voogd, 1983; Janssen y Rietveld, 1990, citados en Gómez y Barredo, 2005, p. 43)*

Frente a la toma de decisiones, pueden surgir perspectivas personales y/o profesionales que entren en conflicto con los intereses del grupo destinatario que interactúa en el territorio analizado. Para neutralizar el surgimiento de problemas de esta índole, es necesario considerar metodologías que permitan una adecuada inclusión de variables, tales como la EMC, en busca de un análisis equilibrado que otorgue confiabilidad a las propuestas generadas.

En cuanto al enfoque bajo el cual se puede aplicar la EMC es necesario precisar que, “La EMC se sitúa en el ámbito de la teoría de la decisión, dicha teoría puede orientarse en dos direcciones: la positiva (descriptiva) y la normativa (prescriptiva)” (Gómez y Barredo, 2005, p. 44). Esta investigación se orienta en la dirección Positiva (descriptiva), cuyo enfoque se basa,

*[...] en la elaboración de una serie de construcciones teóricas y articulaciones lógicas que pretenden explicar y predecir el comportamiento de los agentes decisores reales [...]. Es decir, se centra en especificar las razones por las cuales las decisiones son tomadas de un modo determinado [...]. (Romero,*

1993; Eastman y otros, 1993, en Gómez y Barredo, 2005, p. 44)

La orientación positiva intenta explicar e ilustrar la realidad observada para apoyar la toma de decisiones, pudiendo también modelar un posible escenario futuro en base a la consideración e intervención de las variables involucradas.

En base a los antecedentes recopilados, se puede inferir que la herramienta metodológica EMC se consolida y transforma en un apoyo confiable para una variedad de objetivos, que están generalmente relacionados con aspectos de la ordenación del territorio o la planificación, al fortalecer el análisis de datos como un apoyo para la toma de decisiones. Este potencial es observado desde hace unos años por algunos autores: “La complejidad del medio natural, evidenciada por la intervención de múltiples variables de carácter interactivo, y su respuesta a la acción humana, ha encontrado en la metodología de la «Evaluación Multicriterio» (EMC) un modelo teórico de gran operatividad” (Santos Preciado, 1997, p. 130).

### **1.2 Implementación de la EMC en un sistema de información geográfica**

Teniendo en cuenta que el objetivo de la investigación es conseguir un análisis de carácter territorial, se consideró la utilización de un sistema de información geográfica, cuyo potencial de análisis de información georreferenciada lo transforma en una herramienta ideal para la aplicación de la metodología EMC. En este sentido, desde hace más de una década es observado el potencial de los SIG como herramienta para la obtención de indicadores de sostenibilidad:

*Sistemas georreferenciados, constituyen una herramienta útil para incorporar en el proceso de desarrollo de indicadores. La integración de indicadores económicos, sociales y ambientales en un marco espacial o territorial permite análisis más potente y realista que otras formas no georreferenciadas de presentar los indicadores (gráficos o tablas). (Quiroga, 2001, p. 123).*

Es necesario reforzar que los SIG son herramientas que desarrollan su capacidad en la medida en que cuenten con una buena base de datos asociada, elemento clave que le permite desenvolver su potencial analítico. Por lo tanto, será de suma importancia un tratamiento prolijo de la información en la etapa previa a la integración EMC/SIG.

La consideración del SIG como instrumento dispuesto al ordenamiento, procesamiento y análisis de datos por medio de una metodología EMC, debe prevalecer sobre la identificación del instrumento tecnológico como un fin en sí mismo, sin perder de vista la relevancia que tiene la interpretación final de los resultados vinculada al imprescindible trabajo de campo, aspecto relevante que nos invita a reflexionar sobre las formas en que la integración del instrumento y la metodología, consiguen modelar la realidad observada.

*La integración de métodos de EMC y SIG genera una potente herramienta para asistir en procesos de análisis espacial a través del modelado, en especial para la asignación/localización de actividades, gestión de recursos naturales, control de riesgo y la contaminación ambiental y, en general, para la ordenación del territorio. (Gómez y Barredo, 2005, p. 58)*

El análisis propuesto en esta investigación presenta características similares a algunas experiencias documentadas, en donde la integración EMC/SIG demostró sus virtudes, como la planteada por Santos Preciado (1997) para la resolución de problemas medioambientales y territoriales:

*El tratamiento masivo de la información geográfica, implícito a un planteamiento de esta naturaleza, obliga a la utilización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), como herramienta informática capaz de organizar los datos de forma georreferenciada y evaluar los resultados alcanzados, de manera eficaz, en un tiempo récord. Esta perfecta conjunción entre los SIG y la metodología EMC ha resultado altamente fructífera en el tratamiento y resolución de algunos problemas medioambientales y territoriales. (p. 130)*

### 1.3 Generación de base de datos

La base de datos utilizada se construye a partir del Censo de Población y de Vivienda de Chile de 2002 (válido y oficial al momento del desarrollo de la investigación), información dispuesta por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), como también de otras fuentes disponibles en IDE OCUC<sup>2</sup> e IDE Chile.<sup>3</sup> Los registros provenientes del censo fueron procesados utilizando el programa REDATAM, concretamente a través de su aplicación R+SP Process (V5Rev7), obteniendo información desglosada del área de estudio a nivel de manzana censal. La base de datos obtenida contiene principalmente información cuantitativa, que se clasificó en intervalos y categorías que permiten la comparación entre las variables.

### 1.4 Variables incorporadas por dimensión del desarrollo sostenible

Para el análisis de las dimensiones del desarrollo sostenible se consideraron las variables que muestra la tabla 1, de acuerdo con los criterios de representatividad para cada una de las dimensiones:

**Tabla 1:** Variables consideradas según dimensión del desarrollo sostenible.

<b>Dimensión Económica</b>			
<b>Variable</b>	<b>Cobertura (shp)</b>	<b>Criterio</b>	<b>Fuente</b>
Grupo socioeconómico predominante (GSE)	Grupos socioeconómicos por manzana censo 2002, área metropolitana de Santiago	Clasificación de grupos socioeconómicos identificados a nivel de manzana según categoría predominante.	Portal IDE OCUC
<b>Dimensión Social</b>			

<sup>2</sup> IDE OCUC es el Observatorio de Ciudades UC, cuya plataforma pone a disposición mapas y shapes de información geoespacial vinculados a temas urbanos y territoriales. Disponible en: <https://observatoriodeciudades.com/>

<sup>3</sup> IDE Chile es una Red de instituciones públicas lideradas por el Ministerio de Bienes Nacionales, cuya misión es promover la accesibilidad de información geográfica de carácter público. Disponible en: <http://www.ide.cl/>

Variable	Cobertura (shp)	Criterio	Fuente
Escolaridad	Último curso o año aprobado educación formal	Personas con mayores niveles de educación formal completa, tienen acceso a empleos mejor remunerados y poseen mayores capacidades para desenvolverse en el medio socio-laboral	Censo de población y vivienda Chile INE 2002
Grupo etario (rango)	Edad en años cumplidos	Mayor vulnerabilidad que presentan personas menores de edad y adultos mayores, además de las limitantes que el medio ofrece para la interacción social de estos últimos	Censo de población y vivienda Chile INE 2002
Densidad de población	Habitantes por manzana censal	Espacios con mayor densidad, presentan aspectos desfavorables en el acceso y disfrute de bienes y servicios, así como algunas complejidades en la interacción de sus habitantes debido a la saturación de los espacios	Censo población y vivienda Chile INE 2002
<b>Dimensión ambiental</b>			
Variable	Cobertura (shp)	Criterio	Fuente
Áreas verdes	Información territorial de la política regional de áreas verdes de la Región Metropolitana de Santiago	Influencia positiva de las áreas verdes en la comunidad y conformación de barrio	Portal IDE Chile - Corrección y generación propia en base a imágenes Google Maps
Combustible utilizado para cocinar	Tipo de combustible utilizado para cocinar	Impacto negativo que tiene la precariedad de ciertas construcciones sobre el grado de desarrollo y sostenibilidad que pueden alcanzar los barrios	Censo de población y vivienda Chile INE 2002
Materialidad de la vivienda	Cubierta de techo – Muros exteriores	Condición estructural de la vivienda influye en consumo energético para la calefacción durante el período invernal y además en los niveles de confortabilidad de las personas	Censo de población y vivienda Chile INE 2002

### 1.5 Distribución de datos en la EMC

Los datos extraídos de REDATAM se categorizaron por medio de la metodología EMC para desarrollar el análisis de las variables. Este proceso permitió incorporar una diversidad de características del territorio representativas de cada dimensión del desarrollo sostenible. Las características seleccionadas finalmente representan factores de cada dimensión, siendo calificadas según su grado

de representatividad, confiabilidad y disponibilidad de información geoespacializada.

Para una correcta implementación de la EMC es imprescindible ponderar adecuadamente los datos, considerando que no existe un criterio único para ello, ya que pueden ser necesarias diferentes escalas de valor, dependiendo del tipo de observación y representación de la realidad que se defina, así como de los temas y elementos sometidos a análisis:

*Es frecuente en estudios del territorio la necesidad de establecer jerarquías y pesos a los factores que finalmente van a ser considerados en la regla de decisión. [...] Si bien es frecuente la asignación de pesos a los factores del territorio, la especificación de los mismos es un aspecto en el que no existe un método generalmente aceptado para su determinación [...], pudiéndose considerar asimismo este proceso como un aspecto que puede crear controversias acerca de la asignación de los mismos. (Gómez y Barredo, 2005, p. 72)*

La investigación consideró el Método de atribución directa por Ordenación simple, uno de los más utilizados teniendo en consideración que la toma de decisiones recae sobre una persona, la cual establece puntuaciones en los criterios según, por ejemplo, su conocimiento del territorio y la connotación del estudio.

Esta investigación estableció una gama de valores que van entre 1 y 9, según la clasificación mostrada en la tabla 2, en fila denominada "Valor EMC". A su vez, estos valores se agrupan en rangos cualitativos denominados Bajo, Medio y Alto. La clasificación expresada en la tabla se utiliza en el proceso de evaluación de SIG y su representación es expuesta en las cartografías finales.

Los criterios se aplicaron tomando en consideración las variables cualitativas como un conjunto de cualidades no numéricas, también denominadas categorías o modalidades. Estas se clasificaron preferentemente en escala nominal-numérica, teniendo en cuenta la relación de orden y/o jerarquía, por ejemplo, nivel de estudios o grupo social. Además, algunas de las categorías fueron sometidas a una clasificación de intervalos, considerando una distancia numérica entre dos niveles. Por ejemplo, el número de personas perteneciente a un nivel socioeconómico específico en una manzana, es una variable cuantitativa que puede agruparse en intervalos para alcanzar una clasificación cualitativa tomando en consideración el nivel socioeconómico predominante.

Para realizar un adecuado proceso de análisis fue necesario normalizar los valores numéricos, ya que estos configuraban diferentes rangos de datos incomparables unos con otros. Para ello se utilizó la Normalización Lineal,<sup>4</sup> expresada por la siguiente ecuación:

$$V_n = \left\{ \frac{(V_o - V_{min}) \times (Q_{max} - Q_{min})}{(V_{max} - V_{min})} \right\} + Q_{min}$$

---

<sup>4</sup> Fuente de referencia: GORE Arica y Parinacota, Diagnóstico de riesgo de tsunami en la ciudad de Arica, 2014.

Donde;

$V_n$  = es el valor normalizado.

$V_o$  = es el valor observado.

$V_{min}$  = es el valor mínimo de la serie de datos original.

$V_{max}$  = es el valor máximo de la serie de datos original.

$Q_{max}$  = es el valor máximo da la nueva serie de datos (9).

$Q_{min}$  = es el valor mínimo da la nueva serie de datos (1).

Una vez normalizadas las variables, estas fueron reclasificadas según los rangos de valores determinados en la EMC. Posteriormente, estos valores se reclasificaron nuevamente, utilizando la herramienta Reclassify do Spatial Analyst (ArcGis), a medida que se obtenían los resultados del cruce de variables.

Para que el análisis tuviera el carácter territorial propuesto por la investigación, la EMC se integró en un sistema de información geográfica, utilizando la plataforma ArcGIS 10.5, por lo que se analizaron los datos asociados a cada variable a nivel de manzana censal. La tabla 2 resume la clasificación de variables por dimensión:

**Tabla 2:** Resumen de variables incorporadas en la EMC.

DIMENSIÓN	VARIABLE / ALTERNATIVA	Calificación cualitativa de acuerdo con la representatividad acumulativa por manzana								
		BAJO			MEDIO			ALTO		
ECONÓMICA	Grupo socioeconómico predominante	D y E			C2 y C3			A - B - C1		
	Número de hogares por manzana	259-387	130-258	0-129	0-50	51-100	101-150	0-3	4-6	7-9
	Valor normalizado de hogares por manzana	61-90	31-60	0-30	0-30	31-60	61-90	0-30	31-60	61-90
	Valor EMC	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SOCIAL	Escolaridad (Último curso aprobado)	Básica /sin asistencia			Media			Superior		
	Número de personas por manzana	707-1059	354-706	0-353	0-242	243-485	486-727	0-53	54-106	107-159
	Valor normalizado de personas por manzana	61-90	31-60	0-30	0-30	31-60	61-90	0-30	31-60	61-90
	Valor EMC	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Grupo Etario (Rango)	Menor 18 y mayor de 60			Entre 40 y 59			Entre 19 y 39		
	Número de personas por manzana	642-962	322-641	0-321	0-140	141-281	282-421	0-268	269-537	538-805
	Valor normalizado de personas por manzana	61-90	31-60	0-30	0-30	31-60	61-90	0-30	31-60	61-90
	Valor EMC	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Densidad de población	Niveles de acumulación mayor			Niveles de acumulación media			Niveles de acumulación baja		
	Número de personas por manzana	1042-2062	628-1041	415-627	269-414	176-268	121-175	79-120	32-78	0-31
	Valor normalizado de personas por manzana	61-90	31-60	0-30	0-30	31-60	61-90	0-30	31-60	61-90
	Valor EMC	1	2	3	4	5	6	7	8	9
AMBIENTAL	Áreas verdes	Zona de influencia			Zona de influencia			Zona de influencia		
	Distancia entre manzanas y áreas verdes	Más de 100 mts						Menos de 100 mts		
	Número de personas por manzana	398-2062		0-397				0-297		298-1577
	Valor EMC	1		3				6		9
	Combustible utilizado para cocinar	Parafina y leña			Gas natural y licuado			Energía solar y electricidad		
	Número de hogares por manzana	13-18	7-12	0-6	0-179	180-357	358-536	1		2
	Valor normalizado de viviendas por manzana	61-90	31-60	0-30	0-30	31-60	61-90	0-60		61-90
	Valor EMC	1	2	3	4	5	6	8		9
	Materialidad de la vivienda (techo)	Fonolita - desechos			Fibrocemento - Zinc			Hormigón - Teja - Tejuela		
	Número de viviendas por manzana	13-18	7-12	0-6	0-169	170-339	340-508	0-42	43-84	85-126
	Valor normalizado de viviendas por manzana	61-90	31-60	0-30	0-30	31-60	61-90	0-30	31-60	61-90
	Valor EMC	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Materialidad de la vivienda (pared)	Internit - Desechos			Paneles - Madera - Tabique			Hormigón - Ladrillo - Adobe			
Número de viviendas por manzana	13-18	7-12	0-6	0-51	52-103	104-154	0-177	178-353	354-530	
Valor normalizado de viviendas por manzana	61-90	31-60	0-30	0-30	31-60	61-90	0-30	31-60	61-90	
Valor EMC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Los resultados del análisis se expresaron por dimensión (económica, social y ambiental) y la intersección entre estas (viabilidad, soportabilidad, equidad), cuestión que intenta representar la interacción continua entre las áreas de desarrollo sostenible. La expresión final se representó en cartografías que contienen categorías cualitativas, con sus respectivos valores de referencia, convirtiéndose así en indicadores de desarrollo sostenible de cada espacio geográfico analizado.

En la tabla 3 se encuentran los pesos relativos asignados a cada variable, integrados por medio de la herramienta Suma ponderada (WeightedSum) de la caja de herramientas de ArcGis 10.5:

**Tabla 3:** Dimensiones de sostenibilidad y pesos relativos asignados.

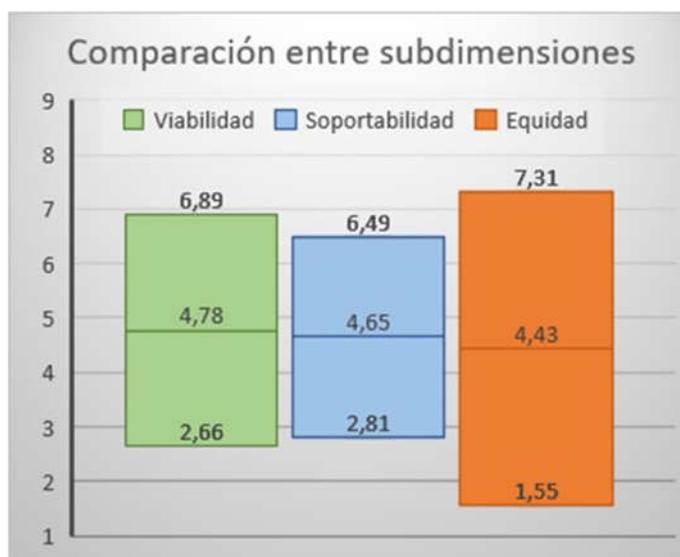
DIMENSIONES	VARIABLES	FACTOR	PESO RELATIVO	PESO DIMENSIÓN	TOTAL
<b>ECONÓMICA</b>	Nivel socioeconómico	Estratificación	0,3	0,3	1
<b>SOCIAL</b>	Escolaridad	Cursos aprobados	0,1	0,35	
	Edad	Rango etario	0,12		
	Densidad de población	Habitantes por manzana	0,13		
<b>AMBIENTAL</b>	Áreas verdes	Radio de impacto	0,1	0,35	
	Combustible cocina	Clasificación de calidad	0,05		
	Materialidad de la pared	Clasificación de calidad	0,1		
	Materialidad del techo	Clasificación de calidad	0,1		

## 2. DISCUSIÓN

### 2.1 De la aplicación metodológica y dimensiones de análisis

Si bien la aplicación metodológica permitió exponer a nivel territorial expresiones del desarrollo sostenible, tanto de las dimensiones como de las subdimensiones, resultó particularmente interesante el análisis de estas últimas, ya que permitieron graficar y jerarquizar territorialmente la interacción de los factores, cuestión continuamente destacada en la evolución del concepto sostenibilidad.

Una forma de comparar los indicadores obtenidos para las subdimensiones, cuyos resultados disímiles se deben a la interacción diferentes elementos en cada dimensión, se presentan en el gráfico de la figura 1, el cual contiene los rangos de valores obtenidos a partir de la sumatoria lineal ponderada.



**Figura 1:** Comparación de los rangos de valores obtenidos a partir de la sumatoria lineal ponderada.

Al revisar la gama de valores representados en la figura anterior, se puede observar un comportamiento relativamente similar entre las subdimensiones viabilidad y soportabilidad, las cuales se ubican en valores menos extremos. Esto significa que presentan un rango de valores más limitado que la equidad en su amplitud, lo que puede interpretarse como una mayor tendencia al equilibrio, aunque están lejos de obtener resultados óptimos en la escala de medición. Cabe destacar el papel que cumplió la dimensión ambiental en los resultados, ya que está vinculada a ambas subdimensiones, ejerciendo un impacto positivo en ellos y equilibrando resultados extremos que se observaron antes de su inclusión.

## 2.2 Análisis por subdimensiones

La soportabilidad presenta la menor variación entre los valores extremos, alcanzando 3,68 puntos de variación entre el valor mayor y el menor, lo cual indica que esta subdimensión tiene características más equilibradas en el territorio, aun cuando sus valores se ubican en el nivel medio. Frente a esto podemos suponer que mejorar las condiciones vinculadas a elementos sociales y ambientales permitiría trasladar la gama a niveles más elevados, lo que generaría un impacto favorable en la sostenibilidad.

En cuanto a la viabilidad, esta presenta una diferencia de 4,23 puntos entre sus valores mínimo y máximo, lo cual expresa un equilibrio más bajo en relación a la soportabilidad. Además, los resultados muestran una alta concentración de valores en el rango inferior, lo que impacta negativamente su apreciación en el territorio. Sin duda, el efecto negativo es causado por el impacto de la variable económica y su menor tendencia al equilibrio.

Resulta llamativa la aproximación a valores extremos de la subdimensión equidad. Su valor más alto se posiciona solo 1,69 puntos por debajo del máximo posible, mientras que su rango inferior es de solo 0,55 puntos por sobre el mínimo alcanzable en la escala de clasificación. A la luz de los antecedentes analizados, encontramos que todo el margen de evaluación es mucho más inclinado a los valores

mínimos, por lo que el territorio es mucho más viable y soportable que equitativo. Es decir, las diferencias observables entre los aspectos económicos y sociales son mucho más evidentes que entre las otras interacciones entre dimensiones, instalando a la subdivisión equidad en la posición de valores más críticos y desfavorables para la sostenibilidad.

A continuación, los resultados son expuestos por medio de cartografías:

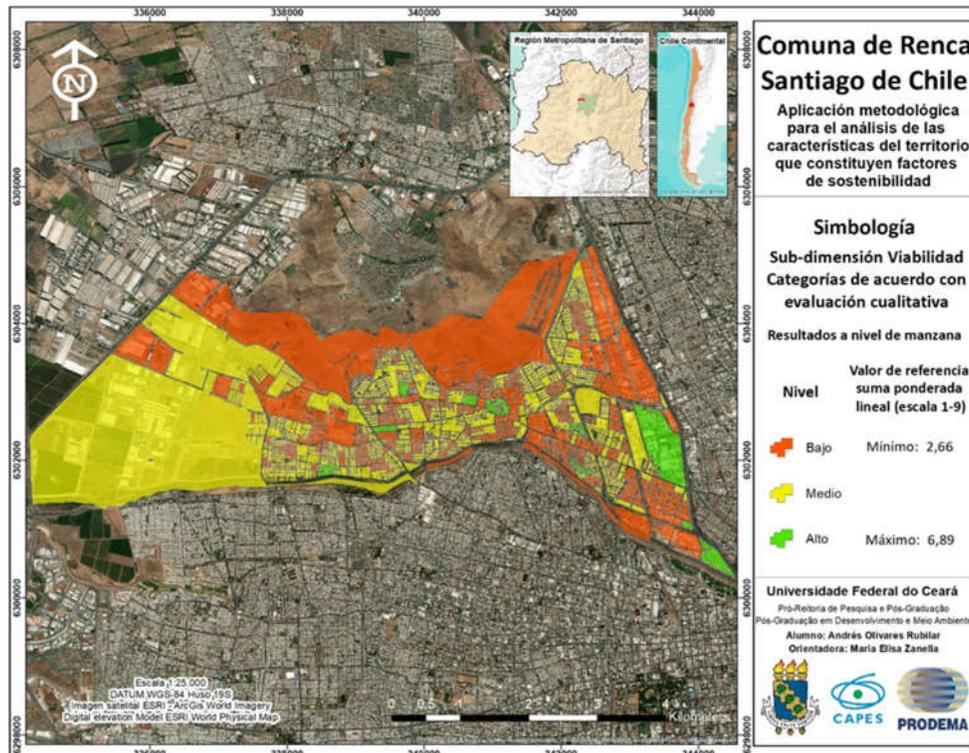


Figura 2: Representación cartográfica comunal de la subdimensión viabilidad.

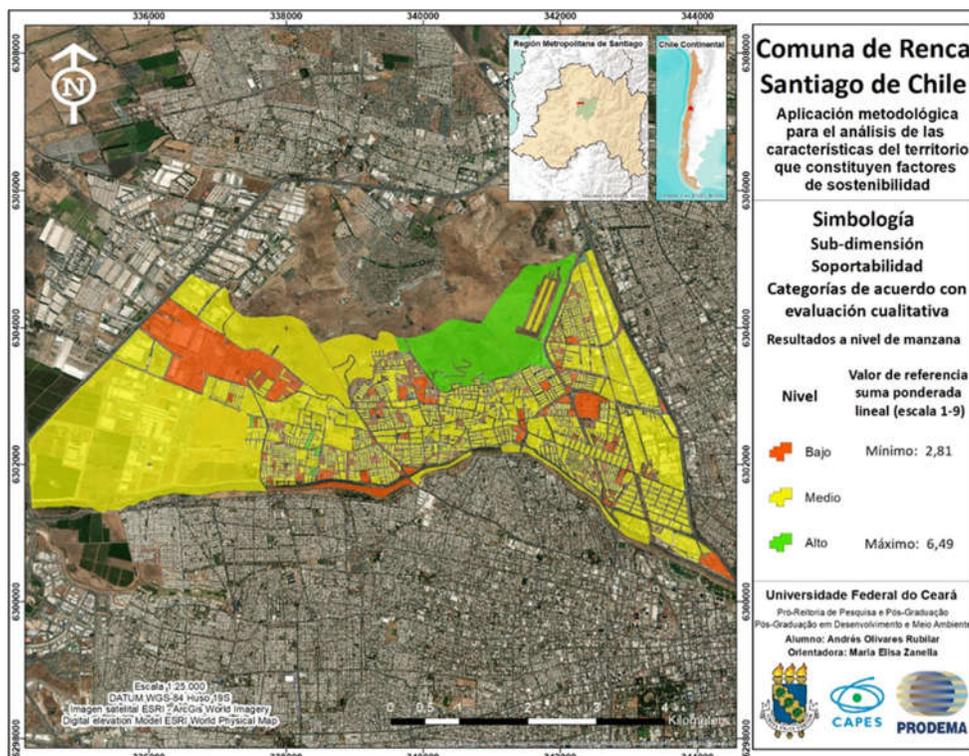


Figura 3: Representación cartográfica comunal de la subdimensión soportabilidad.

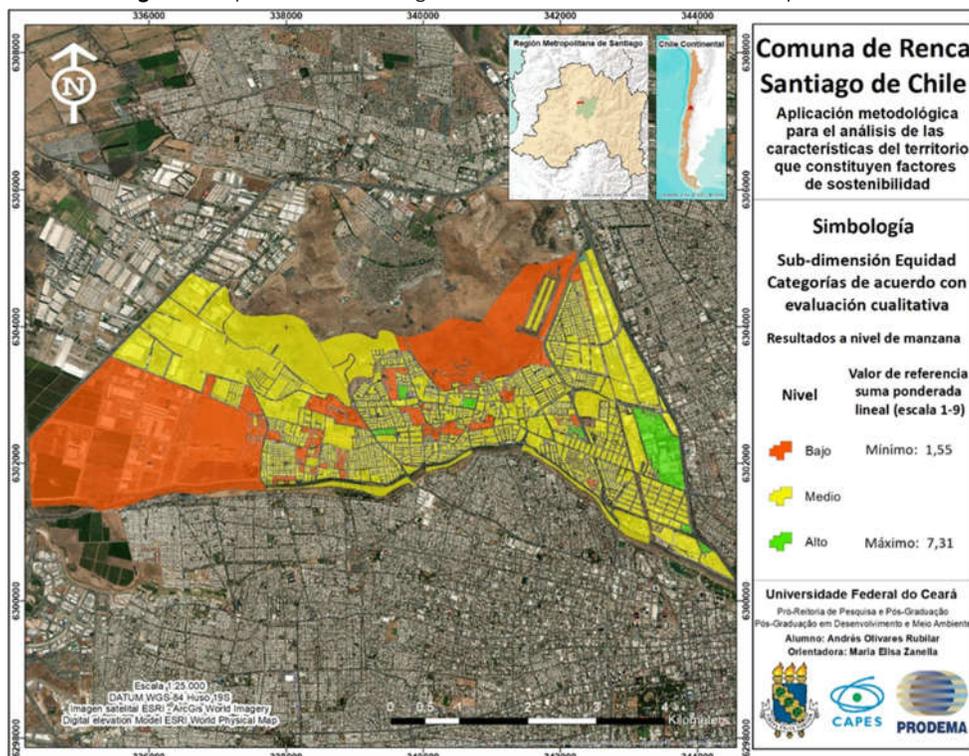
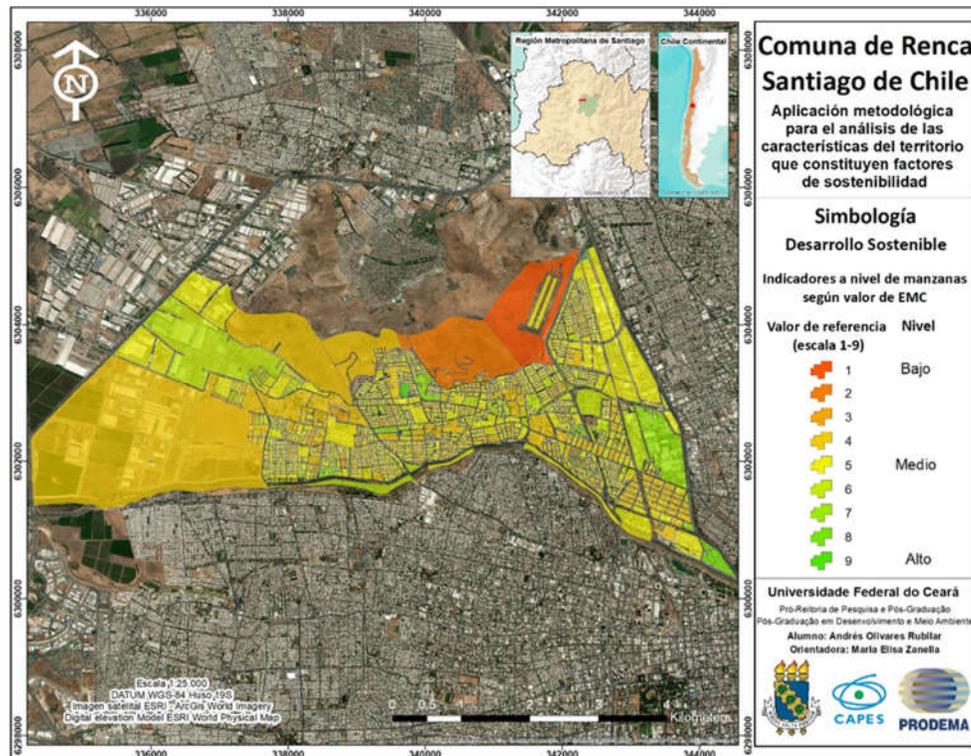


Figura 4: Representación cartográfica comunal de la subdimensión equidad.



**Figura 5:** Representación cartográfica comunal de desarrollo sostenible como resultado de la integración de las dimensiones económica, social y ambiental.

## CONCLUSIONES

La aplicación de la metodología empleada en la investigación permite representar gráficamente una forma de observar la realidad de un tiempo determinado de la comuna de Renca, Santiago de Chile. En términos generales, los resultados presentaron un territorio de características homogéneas, cuyas mayores variaciones parecen ser generadas por factores como el estrato socioeconómico, la densidad poblacional y la presencia de áreas verdes.

En cuanto a aspectos técnicos, para exponer los resultados de la aplicación metodológica resultó bastante favorable la utilización del proceso de reclasificación en el sistema de información geográfica, lo que permitió acrecentar la expresión visual de categorías en las cartografías, diluyendo así la condición homogénea de muchas de las características analizadas. Al exponer los resultados a través de la reclasificación de valores, se amplía el detalle de las diferencias entre las manzanas censales del territorio, una cuestión que finalmente otorga validez y versatilidad al instrumento y su metodología.

En cuanto al resultado general, la comuna presenta un desarrollo sostenible considerado medio-bajo, donde predominan los valores de referencia entre 3,95 y 4,99, lo que plantea grandes retos en relación a las acciones que se pueden emprender para abordar las deficiencias de las diferentes dimensiones.

La metodología permite obtener una gama diversificada de resultados, con niveles de detalle muy

interesantes que finalmente se transforman en indicadores territoriales como insumos para la toma de decisiones, así como también para el diseño de planes, programas y/o proyectos. Además, en cierta forma, grafica los conceptos en el territorio, lo que facilita la presentación de resultados e impactos de las acciones emprendidas en términos de mejora de los grados de sostenibilidad territorial, entre otros.

La amplitud, dinamismo y precisión demostrada por la metodología de evaluación multicriterio incorporada en el sistema de información geográfica, generó una reflexión positiva respecto del potencial que este instrumento ofrece frente a los desafíos del ordenamiento territorial. Sin duda, este potencial está supeditado a la calidad de la base de datos que se tenga respecto de las variables a incorporar, desafío primordial frente a la posibilidad de incorporar una amplia gama de variables, provenientes de diversas fuentes e instituciones. En términos generales, el ejercicio deja en evidencia la versatilidad ofrecida por el binomio SIG - EMC como metodología para la elaboración de indicadores territoriales.

## AGRADECIMIENTOS

El autor agradece el apoyo de las instituciones y docentes que permitieron el desarrollo de la investigación, que forma parte del trabajo de conclusión de sus estudios de posgrado. A la Organización de Estados Americanos (OEA), particularmente a su Departamento de Desarrollo Humano y Educación (DDHE), que a través de la beca OEA-Grupo Coimbra de Universidades Brasileiras (GCUB), permitió el desarrollo de estudios de posgrado del autor. A la CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), organismo bajo la autoridad del Ministerio de Educación de Brasil, por la gestión y apoyo financiero, mediante el cual se hizo posible este trabajo de investigación, según Código de Financiamiento 001. A las profesoras y profesores de la Red PRODEMA (Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - UFC Brasil), por las contribuciones hechas para un óptimo desarrollo de la investigación.

## LISTA DE REFERENCIAS

- Camargo, A. (2005). *Desenvolvimento sustentável: dimensões e desafios*. Campinas: Papirus.
- Durán, G. (2012). *Medir la sostenibilidad: indicadores económicos, ecológicos y sociales*. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/255660955\\_MEDIR\\_LA\\_SOSTENIBILIDAD\\_INDICADORES\\_ECONOMICOS\\_ECOLOGICOS\\_Y\\_SOCIALES](https://www.researchgate.net/publication/255660955_MEDIR_LA_SOSTENIBILIDAD_INDICADORES_ECONOMICOS_ECOLOGICOS_Y_SOCIALES)
- Gómez, M. y Barredo, J. (2005). *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. Madrid: RA-MA.
- Jara, C. (2001). *As dimensões intangíveis do desenvolvimento sustentável*. Brasília: IICA.
- Maimon, D. (1996). *Passaporte verde: gestão ambiental e competitividade*. Río de Janeiro: Qualitymark.
- Naciones Unidas [ONU]. (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. “Nuestro futuro común” (A/42/427). Nueva York: Naciones Unidas. Recuperado de <https://undocs.org/es/A/42/427>
- \_\_\_\_\_ (1992). *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Nueva York: Naciones Unidas. Recuperado de <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/documents/declaracionrio.htm>
- \_\_\_\_\_ (2012). *El futuro que queremos* (A/RES/66/288). Nueva York: Naciones Unidas. Recuperado de <https://undocs.org/pdf?symbol=es/A/RES/66/288>
- \_\_\_\_\_ (2015a). *Paquete de prensa para la Cumbre del Desarrollo Sostenible 2015: El momento de la acción global para las personas y el planeta*. Nueva York: Naciones Unidas. Recuperado de

[https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/wp-content/uploads/sites/3/2015/09/FAQs\\_Sustainable\\_Development\\_Summit\\_ES.pdf](https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/wp-content/uploads/sites/3/2015/09/FAQs_Sustainable_Development_Summit_ES.pdf)

- \_\_\_\_\_ (2015b). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (A/RES/70/1). Nueva York: Naciones Unidas. Recuperado de [https://www.equidad.org.mx/pdf/2\\_Agenda%202030%20Desarrollo%20Sostenible.pdf](https://www.equidad.org.mx/pdf/2_Agenda%202030%20Desarrollo%20Sostenible.pdf)
- Pardo, R. (1988). Nuestro futuro común: el informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. *Unasylva*. Revista internacional de silvicultura e industrias forestales, 40 (159). Recuperado de <http://www.fao.org/3/s5780s/s5780s09.htm#ambiente>

Pérez, A. y Hernández, M. (2015). Medición de indicadores de desarrollo sostenible en Venezuela: propuesta metodológica. *Revibec*. Revista iberoamericana de economía ecológica, 24, 1-19.

Quiroga, R. (2001). Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas (LC/L.1607-P). Santiago: CEPAL, Naciones Unidas.

Santos Preciado, J. (1997). El planteamiento teórico multiobjetivo/multicriterio y su aplicación a la resolución de problemas medioambientales y territoriales, mediante los S.I.G. *Raster*. *Espacio Tiempo y Forma*. Serie VI, Geografía, (10), 129-151.

Sen, A. (2000). *Desarrollo y libertad*. México, D. F.: Planeta.

Stiglitz, J. (2002). El desarrollo no es sólo crecimiento del PIB. *Iconos*. Revista de Ciencias Sociales, (13), 72-86.