



## CARBONO EN BIOMASA AÉREA Y SUELOS COMO INDICADOR PARA VALORAR SOSTENIBILIDAD EN TERRITORIOS RURALES

Salas\*, C<sup>1</sup>.; Alegre, J<sup>2</sup>.; Iglesias, S<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Agronómicas. Universidad Técnica de Manabí. (UTM). Santa Ana, Ecuador. carlos.a.salas.m@gmail.com / +51982396900

<sup>2</sup>Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Lima, Perú.

<sup>3</sup>Universidad Católica de Cuenca (UCACUE), Cuenca, Ecuador.

### RESUMEN

La presente investigación propone incluir mediciones de carbono en una metodología que permita valorar la sostenibilidad con una perspectiva multidimensional. Para ello, se determinaron tres dimensiones (económica, ecológica y social). Se realizó una encuesta semiestructurada a una muestra representativa de la población. Como complemento de los datos obtenidos para la dimensión ecológica se realizó un estudio independiente de carbono almacenado en dos compartimientos (biomasa aérea y suelos) de las formaciones vegetales en el área de estudio. Se establecieron cinco parcelas de muestreo para estimar carbono almacenado en dos compartimientos (biomasa aérea viva y suelos) en cada una de las formaciones vegetales identificadas (Matorral Seco; Bosque Seco Caducifolio; Bosque Seco Semicaducifolio). La cantidad de carbono almacenada en suelos se determinó a partir del carbono orgánico de muestras tomadas a diferentes profundidades en cada parcela. La biomasa aérea se estimó mediante una ecuación alométrica alimentada con datos dasométricos tomados en campo. Se obtuvo valores de 60,30; 69,62 y 123,05 Mg de Carbono total por hectárea para MS, BSC y BSS respectivamente. Con los datos obtenidos, se calculó un valor independiente para cada dimensión y posteriormente un valor calculado que integre dichas dimensiones. La valoración de cada dimensión permitió determinar que desde el punto de vista ecológico (0,74) y social (0,63) el área en estudios es estable, no obstante, desde la dimensión económica (0,45) se categoriza como inestable. La valoración integral de la sostenibilidad (0,61), permite ubicar al área en estudios en situación estable.

### PALABRAS CLAVE

*Sostenibilidad; Alometría; Multidimensionalidad*

### INTRODUCCIÓN



## XVII Congreso Nacional y VIII Internacional de la Ciencia del Suelo

“Crianza del suelo para el buen vivir”

Ayacucho, Perú – 22 al 25 de mayo de 2017



Los efectos del creciente deterioro ambiental podrían disminuir su velocidad de ocurrencia si damos un vuelco al rumbo que el desarrollo humano ha tomado, teniendo como ejemplo: el uso indiscriminado de agrotóxicos en la producción de alimentos y los trastornos que ocasiona este hecho al ambiente y salud humana; pérdida de biodiversidad por consumo de recursos forestales y especies que pudieren tener un papel importante en la regulación y provisión de servicios específicos dentro del ecosistema.

Es entonces y bajo estas premisas, que hace ya unas décadas se propuso el concepto del desarrollo sostenible, mismo que en resumidas palabras tiene implícito el aprovechamiento de los recursos presentes sin afectar su disponibilidad futura siendo considerado desde entonces, como un ideal conciliador entre el desarrollo y el ambiente. La mayoría de los conceptos de sostenibilidad requieren el rendimiento continuo y la prevención de la degradación ambiental. Estas dos demandas a menudo se presentan como si fueran mutuamente incompatibles. La producción agrícola depende de la utilización de los recursos mientras que la protección ambiental requiere algún grado aceptable de conservación.

En este contexto, el presente trabajo propone una valoración de parámetros económicos, ecológicos y sociales de una unidad territorial que permita, posteriormente, orientar la ejecución de estrategias para promover el desarrollo sostenible ya sea por medio de programas de inversión o planificación de gobiernos locales con una perspectiva multidimensional y de mediano o largo plazo.

### MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en un área ubicada en la Provincia de Manabí, específicamente el área motivo de investigación fue la parte terrestre del *Refugio de Vida Silvestre Marino Costero Pacoche (RVSMC-Pacoche)*, cuya extensión bordea los 5 096,41 ha.

**Tabla 1.** Valoración del desarrollo sostenible calculado, identificación y significado.

Valor calculado	Estado del sistema
< 0,2	Alta probabilidad de colapso
De 0,2 a 0,4	Situación crítica
De 0,4 a 0,6	Sistema inestable
0,6 a 0,8	Sistema estable
0,8 a 1	Situación óptima del sistema

**Fuente:** Adaptado de (Sepúlveda 2008)

Para el análisis total de los datos recabados se utilizó una variante de la metodología Biograma creada por el Instituto Interamericano de Cooperación Agropecuaria (IICA). La misma, está compuesta por una imagen de telaraña con valores de entre 0 y 1 (siendo 0 el valor mínimo de desempeño y 1 el máximo), que representa los indicadores definidos para cada uno de los componentes en análisis. La tabla 1



**XVII Congreso Nacional y VIII Internacional de la  
Ciencia del Suelo**

*“Crianza del suelo para el buen vivir”*

Ayacucho, Perú – 22 al 25 de mayo de 2017



muestra el estado del sistema conforme al valor calculado mediante los indicadores utilizados en el estudio.

La metodología presenta el reto de analizar indicadores con métricas diferentes, considerando aquello, se utilizará un tipo de función de relativización para estandarizar los valores a una misma escala. Esta función, se basa en la metodología planteada por el PNUD para calcular el Índice de Desarrollo Humano, en lo cual se utilizan las siguientes fórmulas.

Para el caso en que los indicadores presentan una relación positiva

$$f(x) = \frac{x - m}{M - m}$$

Para el caso en que los indicadores presentan una relación inversa

$$f(x) = \frac{x - M}{m - M}$$

Dónde: x = valor de la variable o indicador, m = valor mínimo de la variable, M = Nivel máximo de la variable.

Dado que este índice es creado a partir de los indicadores seleccionados para cada dimensión (ecológico, social, económico) (tabla 2) también es posible obtenerlo en forma separada para cada componente, determinando así su contribución al índice total de sostenibilidad y al igual que el gráfico de telaraña expone la dimensión que necesita ser potencializada. La valoración integral de la sostenibilidad en el área de estudios se determinó ponderando los valores obtenidos para cada una de las dimensiones, para este caso se consideró proporciones similares para cada dimensión siendo la dimensión ecológica 34% importante, la dimensión social 33% y la dimensión económica 33%.

**Tabla 2.** Dimensiones utilizadas en el estudio, los indicadores para cada dimensión y la relación de los mismos con la sostenibilidad.

	<b>Codificación</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Relación</b>
<b>Dimensión Ambiental</b>	A1	Importancia del bosque para su vida	+
	A2	Tala de bosque	-
	A3	Uso de agroquímicos	-
	A4	Carbono almacenado en bosque	+
<b>Dimensión Económica</b>	E1	Ingreso económico (mensual)	+
	E2	Aporte de la agricultura al desarrollo económico	+
	E3	Producción local de alimento	+
	E4	Capacitaciones	+
	E5	Satisfacción con nivel de vida actual	+
<b>Dimensión Social</b>	S1	Calidad de la educación	+
	S2	Salud	+
	S3	Provisión servicio eléctrico	+
	S4	Transporte público	+
	S5	Apoyo institucional (ONG's, Estado, entre otras)	+

Para la aplicación de la encuesta se estimó una muestra utilizando como dato demográfico los presentados por el Ministerio del Ambiente del Ecuador en el año 2009. De esta manera se realizaron en total 610 encuestas. Dichas encuestas tenían como objetivo principal obtener información sobre percepción local de los indicadores que su utilizarían en la valoración de sostenibilidad. Para ello, las encuestas contaban



con preguntas con una escala del 1 al 5, donde el 1 era el valor más bajo y 5 era el valor más alto.

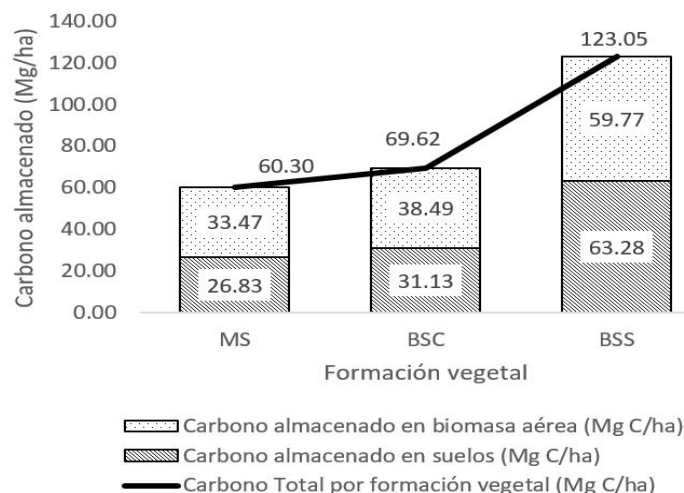
El indicador A4 (carbono almacenado en bosque), se midió en campo, estableciendo parcelas temporales. Dichas parcelas tuvieron un área de 250 m<sup>2</sup> y se instalaron cinco repeticiones (MINAM 2009) en cada una de las formaciones vegetales en el área de estudios. La intensidad de muestreo se estableció en +/-20% (Pearson et al. 2005) del promedio de carbono a un nivel de confianza de 95 %. En cada parcela de muestreo se estimó el carbono almacenado en dos compartimientos: biomasa aérea viva y suelos.

En el caso de la biomasa aérea viva se estimó el carbono mediante la ecuación alométrica para bosques secos mixtos propuesto por Chave et al. (2005). La estimación del carbono almacenado en suelos se realizó mediante la determinación de la fracción de carbono orgánico a distintas profundidades en cada parcela mediante el método de Walkley Black (Bazan 1996).

Finalmente, el carbono total almacenado en cada formación vegetal estuvo representado por la sumatoria de los componentes medidos, es decir carbono almacenado en biomasa aérea viva más el carbono almacenado en el suelo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 1, muestra los datos estimados de carbono almacenado en biomasa, carbono almacenado en suelo y carbono total para cada una de las formaciones vegetales en estudio. De tal manera, se puede observar que BSS contiene más carbono almacenado (123,05 Mg/ha) que MS y BSC (60,30 y 69,62 Mg/ha respectivamente).



Dónde: MS = Matorral Seco; BSC = Bosque Seco Caducifolio; BSS = Bosque Seco Semicaducifolio

**Figura 1.** Carbono (Mg/ha) almacenado en biomasa, suelo y total para cada una de las formaciones vegetales en estudio.

Los resultados del índice para cada una de las dimensiones se presentan en la tabla 3 y figura 2. El mejor valor se obtuvo en la dimensión ecológica (0,74), este valor establece que en cuanto al aspecto ecológico dentro de la sostenibilidad el área se



**XVII Congreso Nacional y VIII Internacional de la  
Ciencia del Suelo**

*“Crianza del suelo para el buen vivir”*

Ayacucho, Perú – 22 al 25 de mayo de 2017

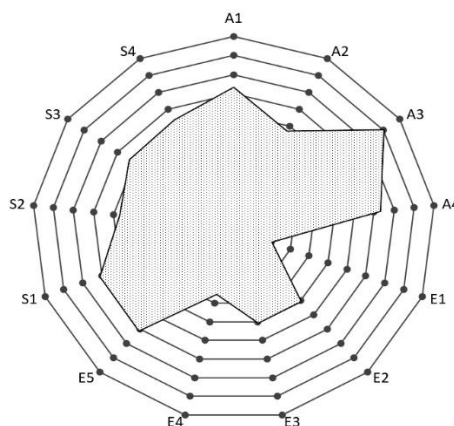


considera estable. No obstante, se podría llegar a un estado óptimo si se prestara mayor atención al indicador A2, ya que este indicador podría incidir sobre los cambios estructurales y funcionales del bosque comprometiendo colateralmente la habilidad del ecosistema de fungir como sumidero de carbono.

**Tabla 3.** Resultados para cada uno de los indicadores y dimensiones utilizadas en el estudio.

	Codificación	Indicadores	Promedio	Índice por dimensión
Dimensión Ambiental	A1	Importancia del bosque para su vida	0,73	0,74
	A2	Tala de bosque	0,57	
	A3	Uso de agroquímicos	0,90	
	A4	Carbono en bosque	0,73	
Dimensión Económica	E1	Ingreso económico (mensual)	0,20	0,45
	E2	Aporte de la agricultura al desarrollo económico	0,51	
	E3	Producción local de alimento	0,51	
	E4	Capacitaciones	0,35	
	E5	Satisfacción con nivel de vida actual	0,71	
Dimensión Social	S1	Calidad de la educación	0,71	0,63
	S2	Salud	0,57	
	S3	Provisión servicio eléctrico	0,63	
	S4	Transporte público	0,63	
	S5	Apoyo institucional (ONGs, Estado, entre otras)	0,60	

Uno de los puntos interesantes de los datos obtenidos dentro de la dimensión ecológica, es que el indicador A3 (uso de agroquímicos) muestra un comportamiento favorable, es decir no existe mayor uso de agroquímicos, lo cual podría representar dos alternativas, 1) que la actividad agrícola no es tan fuerte en el área de estudios, por consiguiente, la expansión de la frontera agrícola no es una amenaza para el área, o 2) si existiere, la misma se fundamenta en métodos agroecológicos.



**Figura 2.** Representación gráfica de los indicadores para cada una de las dimensiones utilizadas en el estudio.

Muy por debajo se encuentra la dimensión económica con un valor de 0,45, considerado según la escala del índice de sostenibilidad como inestable. Al respecto, aunque todos los indicadores reflejan descuido, el mismo es mayormente notable en



## XVII Congreso Nacional y VIII Internacional de la Ciencia del Suelo

*“Crianza del suelo para el buen vivir”*

Ayacucho, Perú – 22 al 25 de mayo de 2017



E1 (ingreso económico), y E4 (capacitaciones), cuyo mejoramiento podría ser de vital importancia para una mejor valoración de la dimensión económica del área.

Con respecto a la dimensión social, el valor obtenido (0,63) ubica al área en una categoría de estable. Sin embargo, sería recomendable prestar atención al indicador S2 (salud) para lograr mejoras en cuanto a la dimensión social del área.

Como valor integrado de sostenibilidad se obtuvo 0,61, lo cual dentro de la escala valorativa de sostenibilidad determina que el área de estudios se encuentra en una situación estable.

### **CONCLUSIÓN**

Se determinaron 3 formaciones vegetales que son: Matorral Seco, Bosque Seco Caducifolio y Bosque Seco Caducifloio. La formación de Bosque Seco Semicaducifolio contiene más carbono total almacenado que las formaciones de Bosque Seco Caducifolio y Matorral Seco.

La valoración de cada dimensión permitió determinar que desde el punto de vista ecológico y social el área en estudios es estable, no obstante, desde la dimensión económica se categoriza como inestable. La valoración integral de la sostenibilidad, permite ubicar al área en estudios en situación estable.

Los resultados de este trabajo podrían contribuir al debate sobre la sostenibilidad rural y permite medir el grado de desarrollo de las políticas que vienen siendo implementadas en el área de estudios, de igual manera es posible que mediante la determinación de la situación del área se pueda proponer medidas para lograr los objetivos de la sostenibilidad.

Más allá de tomar cualquier posición/acción con respecto a los resultados, es importante recordar que la evaluación no pretende ser la panacea a los problemas que podrían presentarse en un territorio, sin embargo, estamos seguros de que podría servir de guía en la toma de decisiones.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- Bazan, R. 1996. Manual para análisis químico de suelos, aguas y plantas. Universidad Nacional Agraria la Molina. Ed. F Perú. Lima, Perú, s.e., 55.
- Chave, J; Andalo, C; Brown, S; Cairns, MA; Chambers, JQ; Eamus, D; Fölster, H; Fromard, F; Higuchi, N; Kira, T. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* 145(1): 87-99.
- MINAM. 2009. Identificación de Metodologías existentes para determinar stock de carbono en ecosistemas forestales. Lima. Perú., Ministerio de Ambiente del Perú, p.1-99.
- Pearson, T; Walker, S; Brown, S. 2005. Sourcebook for Land use, Land-use change and forestry projects. *Development* 21(3): 64.
- Sepúlveda, S. 2008. Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible de territorios. 2008.