

Notas y Comentarios

El Índice de Sociedad Sostenible (SSI) en América: análisis desde una perspectiva de Biplot dinámico

The Sustainable Society Index (SSI) in América: Analysis from a dynamic Biplot perspective

Javier De La Hoz Maestre*
Karime Montes Escobar**
Carlos Salas Macías***

Resumen

Este estudio presenta un análisis mediante Biplot dinámico del Índice de Sociedad Sostenible aplicado a América. Los principales resultados al analizar las trayectorias de las variables en general son cortos, pero tienden a mejorar. Se observaron dos grupos: uno de países bien posicionados frente a las variables “necesidades básicas” y “desarrollo personal y social” (Norteamérica), y el segundo, de países con trayectorias de comportamiento irregular, con poca estabilidad y con una tendencia de caída en los últimos periodos en análisis (Centro, Sudamérica y Caribe). El método Biplot dinámico

* Universidad del Magdalena, Facultad de Ingeniería. Dirección: Calle 32, núm. 22-08, 470004, Santa Marta, Magdalena, Colombia. Correo: Jdelahoz@uni-magdalena.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7779-0803>

** Universidad Técnica de Manabí, Instituto de Ciencias Básicas. Dirección: Av. Urbina y Che Guevara, 130105, Portoviejo, Manabí, Ecuador. Correo: kmontes@utm.edu.ec. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9555-0392>

*** Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ingeniería Agronómica. Dirección: Km 15 vía Portoviejo - Santa Ana, Lodana, 13132, Manabí, Ecuador. Correo: csalas@utm.edu.ec. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1641-1571>

demuestra ser un nuevo enfoque para el procesamiento de datos de tres vías y provee resultados fáciles de representar e interpretar.

Palabras clave: análisis multivariante; sostenibilidad; Biplot; indicadores de desarrollo sostenible; estadística multivariante.

Abstract

This study presents a dynamic Biplot analysis of the Sustainable Society Index applied to the American continent. The main results when analyzing the trajectories of the variables in general are short and tend to improve. Two groups were observed: the first joins countries well positioned against the variables “basic needs” and “personal and social development” (North America), and the second puts together countries with irregular behavior trajectories, with little stability and with a tendency to fall in the last periods in analysis (Central, South America and the Caribbean). The Dynamic Biplot method proves to be a new approach to three-way data processing and provides results that are easy to represent and interpret.

Keywords: multivariate analysis; sustainability; Biplot; sustainable development indicators; multivariate statistics.

Introducción

El informe Brundtland (1987) definió al *desarrollo sostenible* como un concepto que integra las dimensiones económica, ecológica y social, a fin de promover la idea de un aprovechamiento de los recursos presentes sin afectar su disponibilidad futura. Desde entonces, éste ha sido el ideal conciliador entre el crecimiento económico de los pueblos y los recursos planetarios limitados. Dada la importancia de este concepto y su amplio uso, es necesario analizar algunos aspectos relacionados al mismo.

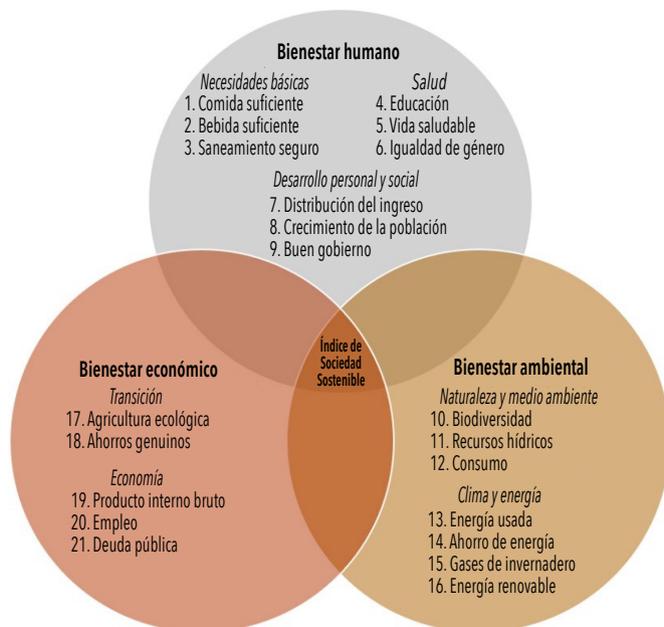
En este contexto, la implementación de índices e indicadores que apuntan a ayudar, comprender y gestionar problemas relacionados con la sostenibilidad ha estado en la agenda internacional durante más de tres décadas; dentro de los más destacados se podrían citar: el Índice de Desarrollo Humano (IDH), los Objetivos de Desarrollo del

Milenio, los Indicadores para la Estrategia de Desarrollo Sostenible de la UE y el Índice de Bienestar Económico Sostenible.

Este documento propone el uso de un Biplot dinámico (Egido y Galindo, 2015) para el análisis de los resultados obtenidos mediante la aplicación del Índice de Sociedad Sostenible (SSI) al continente americano. Este índice está compuesto por 21 indicadores agrupados en siete categorías y tres dimensiones (social, ambiental y económica) (Figura 1) (Van de Kerk y Manuel, 2014). Los estudios anteriores generalmente se han centrado en contextos geográficos específicos, por ejemplo: países industrializados occidentales (Scruggs, 2003; Jahn, 1998; Crepez, 1995), países de la OCDE (Neumayer, 2003; Giles y Feng, 2005), democracias industrializadas (Scruggs 1999; 2001), entre otros (Gallegos-Álvarez, 2015; Galindo, 1986).

Figura 1

Marco de referencia del Índice de Sociedad Sostenible



Fuente: Adaptado de: Sustainable Society Foundation. <http://www.ssfindex.com/ssi/framework>

En este sentido, el Biplot dinámico realiza un análisis multivariado de la línea de base que proporciona la mejor información entre variables e individuos y las relaciones entre ellos. El primer paso corresponde a un análisis estático, y el segundo, a un análisis dinámico que proyecta el resto de las situaciones que se desea analizar en el gráfico obtenido en el paso previo. El resultado es el conjunto de trayectorias de individuos y variables en la situación de referencia Biplot.

El primer paso, el análisis estático, se realiza con las categorías que conforman el SSI y los países del continente americano (25). Se utilizó el HJ-Biplot con datos concentrados y se fijó la situación de referencia (periodos 2006 a 2016). Este análisis recoge la situación de las relaciones entre las diversas categorías y los países en estudio.

La propuesta para el uso del Biplot dinámico se justifica por la necesidad de analizar de forma aislada las relaciones de una determinada situación, la situación de referencia, sólo con los datos propios de dicho escenario, lo que da un conocimiento óptimo de la misma. Cuando se proyectan los datos sobre un análisis anterior y se dibujan sus trayectorias, se obtiene su dinámica y las relaciones existentes entre los individuos como en las variables.

Materiales y métodos

Muestra

Se consideraron diferentes contextos geográficos del continente americano: Sur, Centro, Norteamérica y Caribe; la muestra utilizada comprende 25 países que fueron seleccionados por Van de Kerk y Manuel (2014). Los datos que se utilizaron se obtuvieron del sitio web de la Sustainable Society Foundation, y básicamente la información obtenida es una matriz convertida en un cubo de datos con 25 países (filas) y siete variables (columnas) medidas en seis periodos (bianuales) comprendidos entre 2006 y 2016 (Cuadro 1).

Cuadro 1

Dimensiones, variable, indicadores y países utilizados en la muestra, discriminados por región en el continente americano de los periodos 2006 a 2016

<i>Dimensiones</i>	<i>Categorías (variables)</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Región</i>	<i>Países</i>	<i>Cód. (ISO-3166-1 ALPHA-3)</i>
Bienestar humano	Bienestar humano	1. Suficiente comida	Norte	Canadá	CAN
		2. Suficiente agua		Estados Unidos	USA
		3. Saneamiento seguro		El Salvador	SLV
	Salud	4. Educación	Centro	Costa Rica	CRI
		5. Vida saludable		Guatemala	GTM
		6. Igualdad de género		Honduras	HND
	Desarrollo personal y social	7. Distribución del ingreso		México	MEX
		8. Crecimiento de la población		Nicaragua	NIC
		9. Buen gobierno		Panamá	PAN
Bienestar ambiental	Recursos naturales	10. Bio-diversidad	Sur	Argentina	ARG
		11. Recursos de agua renovables		Bolivia	BOL
		12. Consumo		Brasil	BRA
	Clima y energía	13. Energía usada		Chile	CHL
		14. Ahorro de energía		Colombia	COL
		15. Gases de invernadero		Ecuador	ECU
		16. Energía renovable		Guyana	GUY

(continúa)

Cuadro 1 (concluye)

<i>Dimensiones</i>	<i>Categorías (variables)</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Región</i>	<i>Países</i>	<i>Cód. (ISO-3166-1 ALPHA-3)</i>	
Bienestar económico	Transición	17. Agricultura ecológica		Paraguay	PRY	
		18. Ahorros genuinos		Perú	PER	
		19. Producto interno bruto		Uruguay	URY	
	Economía	20. Empleo			Venezuela	VEN
			21. Deuda pública	Caribe	Cuba	CUB
					Haití	HTI
					Jamaica	JAM
					República Dominicana	DOM
					Trinidad y Tobago	TTO

Fuente: Elaboración propia.

Análisis estadístico

Inicialmente se realizó un estudio descriptivo univariado de las siete categorías consideradas en el análisis con el objeto de observar la distribución de las mismas. Posteriormente, se procedió a realizar un Biplot dinámico que, según Egido y Galindo (2015), es una técnica con la que es posible estudiar la relación existente en un conjunto de datos multivariantes, que ocurre en más de una ocasión.

La técnica que se ha utilizado ordinariamente cuando se quiere analizar un conjunto de datos compuesto por varias matrices, como en este caso, mediante métodos multivariantes (incluido el Biplot), es acomodar las matrices de forma horizontal (manteniendo los individuos y agregando las variables) o vertical (manteniendo las variables y agregando los individuos), y el procedimiento matemático posterior es tratar a la matriz resultante como una tabla de dos vías.

Lo anterior supone varios inconvenientes, pues no refleja las condiciones de un modelo cercano a la realidad, sino que es simplemente una construcción matemática y sólo permitirá estudiar el cambio de las filas o columnas, dependiendo de la yuxtaposición realizada.

El planteamiento utilizado en este documento es diferente, pues se pretende estudiar la relación existente en un conjunto de datos multivariante, que ocurre en más de una ocasión. Se parte de una matriz de datos de tres vías: países para las filas, categorías del SSI para las columnas, y años para las diversas ocasiones o situaciones. En este caso, se fijará como referencia o situación base a estudiar y sobre la que representaremos el dinamismo del resto, al año 2016.

Siguiendo a Egido y Galindo (2015), el cálculo del Biplot dinámico se realiza en dos pasos, los cuales se describen a continuación.

Biplot dinámico. Etapa 1: análisis estático

Si bien es cierto, en esta etapa se podrían utilizar las factorizaciones JK-Biplot (Gabriel, 1971) y GH-Biplot (Gabriel, 1971), se siguió la recomendación de Egido y Galindo (2015), quienes consideran que la más apropiada es la correspondiente al análisis HJ-Biplot (Galindo, 1986), definida como una técnica de representación conjunta, en un espacio vectorial de baja dimensión (generalmente dos) de las filas y columnas de la matriz de datos, utilizando marcadores (puntos / vectores) para sus filas y para sus columnas. Al igual que los biplots clásicos propuestos por Gabriel (1971), la interpretación se basa en conceptos geométricos simples: *i*) las distancias entre los marcadores de fila (países) se interpretan como una función inversa de similitudes, de tal manera que los marcadores más cercanos son más similares; *ii*) las longitudes de los marcadores de columna (variables) se aproximan a la desviación estándar de las variables; *iii*) los cosenos de los ángulos entre los vectores de columna aproximan las correlaciones entre las variables, de tal manera que los ángulos agudos pequeños se asocian con variables con correlaciones positivas altas; los ángulos obtusos con correlaciones negativas; mientras que los ángulos rectos se asocian con variables no correlacionadas. De la misma manera, los cosenos de los ángulos entre los marcadores variables

y los ejes (componentes principales) se aproximan a las correlaciones entre ellos; *iv*) el orden de las proyecciones ortogonales de los marcadores de fila (países) en un marcador de columna (variable) se aproxima al orden de los elementos de fila en esa columna.

Biplot dinámico. Etapa 2: análisis dinámico

El objetivo en este segundo paso es proyectar sobre el Biplot obtenido en el paso previo el resto de las situaciones, en este caso, los años considerados en el estudio, reteniendo las estructuras calculadas; lo anterior, para observar la dinámica de su evolución o trayectorias tanto de las variables consideradas como la de los países, incorporando nueva información en el gráfico, encontrando los marcadores en el espacio de dimensión reducido que representa el elemento a proyectar. Dichos marcadores deben ser óptimos en el sentido de mínimos cuadrados. Los elementos proyectados en diferentes situaciones conservan propiedades similares a la de la factorización elegida con respecto a la situación de referencia (año 2016).

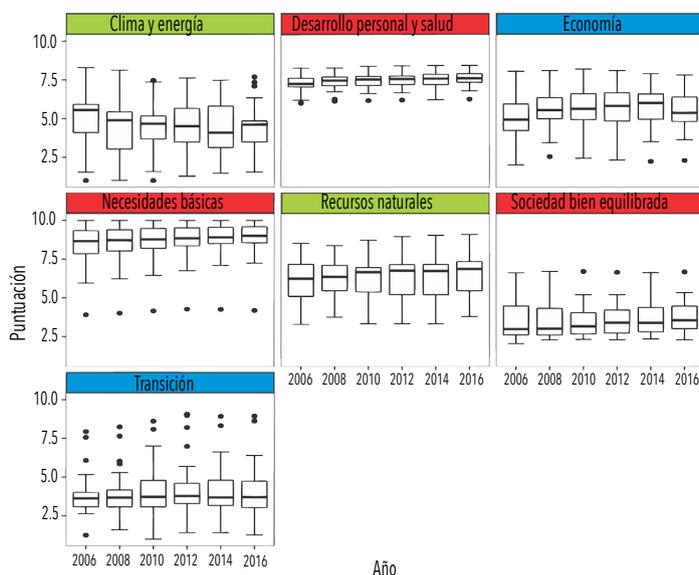
La parte operativa de cálculos y gráficos se desarrolló con el paquete del software R (Core team, 2018), dynBiplotGUI versión 1.1.5 (Egido, 2017).

Resultados y discusión

En primer lugar, se realizó un análisis descriptivo y gráfico del SSI para observar su distribución. En la Figura 2 se muestra el diagrama de cajas de cada una de las categorías para los periodos 2006 a 2016 para todos los países estudiados. Se han coloreado considerando la categoría: verde para “clima y energía” y “recursos naturales”, rojo para “desarrollo personal y salud”, “necesidades básicas” y “sociedad bien equilibrada”; de igual manera, en color azul se consideraron las categorías “economía” y “transición”, observando que existen diferencias entre ellas.

Figura 2

Diagrama de cajas de los índices de Sociedad Sostenible (SSI), entre los años 2006 y 2016



Fuente: Elaboración propia.

Biplot dinámico. Paso 1: análisis estático

Se realizó el primer paso del Biplot dinámico teniendo como referencia el año 2016, y la factorización HJ-Biplot con los datos que contienen tanto los países (individuos) utilizados, como las variables que conforman el SSI, teniendo como referencia el año 2016.

Según Galindo (1986), para una correcta interpretación del HJ-Biplot se hace necesario tener en cuenta varias medidas que son esenciales para su acertado análisis; éstas son los valores propios, la varianza explicada (Cuadro 2 y Figura 3) y la contribución relativa del factor al elemento (Cuadro 3). Con estos indicadores es posible detectar las variables responsables de la posición de los ejes y, por ende, la configuración obtenida en ellos.

Cuadro 2

Valores propios y varianza explicada del Biplot aplicado a los índices de Sociedad Sostenible (SSI) de los países del continente americano entre los años 2006 y 2016

<i>Eje</i>	<i>Valor propio</i>	<i>Varianza</i>	<i>Varianza acumulada</i>
Eje 1	11.067	68.445	68.445
Eje 2	4.474	11.186	79.631
Eje 3	3.667	7.516	87.147
Eje 4	3.066	5.254	92.401
Eje 5	2.802	4.386	96.786
Eje 6	2.250	2.829	99.616
Eje 7	0.829	0.384	100.000

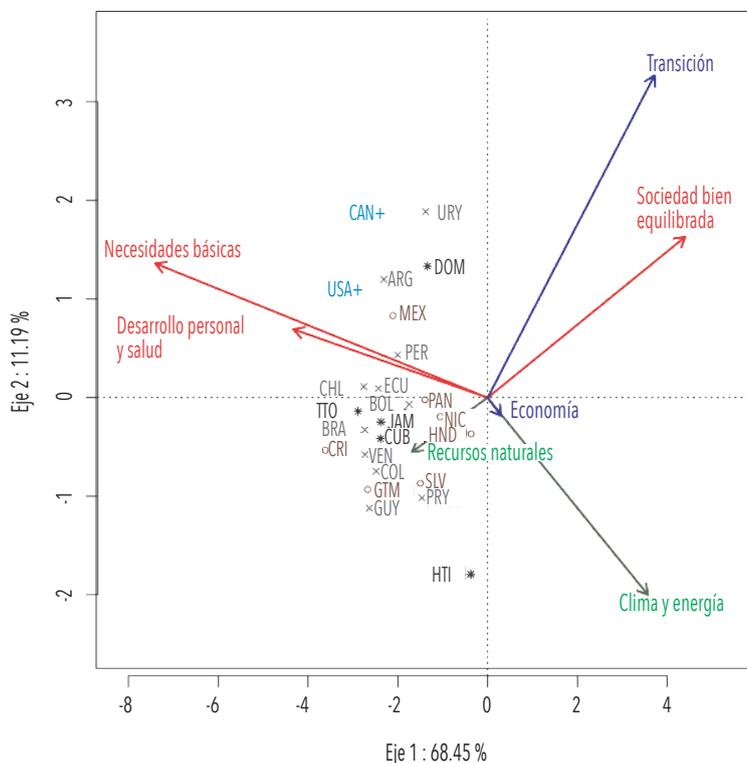
Fuente: Elaboración propia.

Los tres primeros ejes del análisis estático explican el 87.14% de la variabilidad de los datos; el plano factorial 1-2 absorbe el 79.631% de la inercia total. Este plano factorial se usa en las diferentes figuras para representar áreas geográficas y variables (donde el eje 1, horizontal, y el eje 2, vertical, están representados). Se observa la dominancia del primer eje, que arroja un porcentaje de inercia explicado que supera el 68%.

Como se mencionó en la metodología, la interpretación de las variables se basa en los ángulos entre los vectores, de tal modo que las variables con vectores que forman ángulos pequeños son variables con similares comportamientos. En la Figura 3 (ejes 1-2) se observa fuerte correlación positiva entre las variables necesidades básicas, desarrollo personal y salud; una correlación positiva moderada entre transición y sociedad bien equilibrada; correlación negativa entre clima y energía, y las variables transición, necesidades básicas y desarrollo personal y salud; mientras que son independientes clima y energía con recursos naturales y con sociedad bien equilibrada. No obstante, es necesario indicar que esta situación podría estar influenciada por el hecho de que las variables economía y recursos naturales no se encuentran bien representadas en el eje 1-2.

Figura 3

Resultados del paso 1. Análisis HJ-Biplot estático de los índices de Sociedad Sostenible (SSI) de los países del continente americano entre los años 2006 y 2016. Eje 1-2



Fuente: Elaboración propia.

El Cuadro 3 contiene el aporte relativo de las variables a los ejes. Las variables necesidades básicas, desarrollo personal y salud, sociedad bien equilibrada, y clima y energía hacen una gran contribución al eje 1 y una baja aportación a los ejes restantes. Por el contrario, recursos naturales y economía son las variables que menos aportan en el plano factorial (ejes 1 y 2), pues no acumulan inercias superiores a 300.

Cuadro 3

Aporte relativo de las variables a los ejes del Biplot aplicado a los índices de sociedad sostenible (SSI) de los países del continente americano entre los años 2006 y 2016

<i>Variable</i>	<i>Eje 1</i>	<i>Eje 2</i>	<i>Eje 3</i>
Necesidades básicas	935	32	1
Desarrollo personal y salud	931	24	4
Sociedad bien equilibrada	711	98	101
Recursos naturales	250	26	231
Clima y energía	552	173	107
Transición	480	371	133
Economía	10	4	163

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los individuos, es decir, los países, cuando están cerca de una variable implican que toman valores predominantes para esa variable, en el sentido de que los individuos son significativos para explicar la variable, y que ésta es de gran valor para dichos individuos. Teniendo en cuenta la contribución de los países en el plano factorial (1-2), se encontró que todos los países, excepto República Dominicana (DOM), presentan contribuciones superiores a 500.

El eje 1 del plano (68.45%) está caracterizado por el índice de necesidades básicas, desarrollo personal y salud, y sociedad bien equilibrada; es decir, las variables que están relacionadas con el bienestar humano.

En la Figura 3, los ejes 1-2 explican el 79.64% de la variabilidad; por otro lado, se observa que necesidades básicas y desarrollo personal y salud se encuentran bien correlacionadas, aunque también se ve correlación entre transición y sociedad bien equilibrada. Con respecto al índice de necesidades básicas, que tiene relación con suficiente comida, suficiente agua y saneamiento seguro, y la variable desarrollo personal y salud, es posible observar que países como CAN y USA presenten los valores más altos en el mencionado índice; en contraste encontramos a HTI.

América incluye países con ingresos nacionales brutos de niveles alto, medio y bajo per cápita, que es la medida utilizada por el Banco Mundial (durante el periodo comprendido entre 2017-2018) para clasificar a los países según su nivel de ingresos. Los países con altos ingresos (por ejemplo, USA y CAN) se caracterizan por estar muy cerca de las variables que representan el bienestar humano y económico. Estos resultados están acordes con la investigación de Cracolici, Cuffaro y Nijkamp (2010), quienes encontraron que el PIB es una condición básica para un buen comportamiento social, y un alto PIB también proporciona a la población una mayor esperanza de vida y un alto nivel de educación. Lo que significa que cuando aumenta la riqueza de un país, también hay un aumento en aspectos no económicos del bienestar.

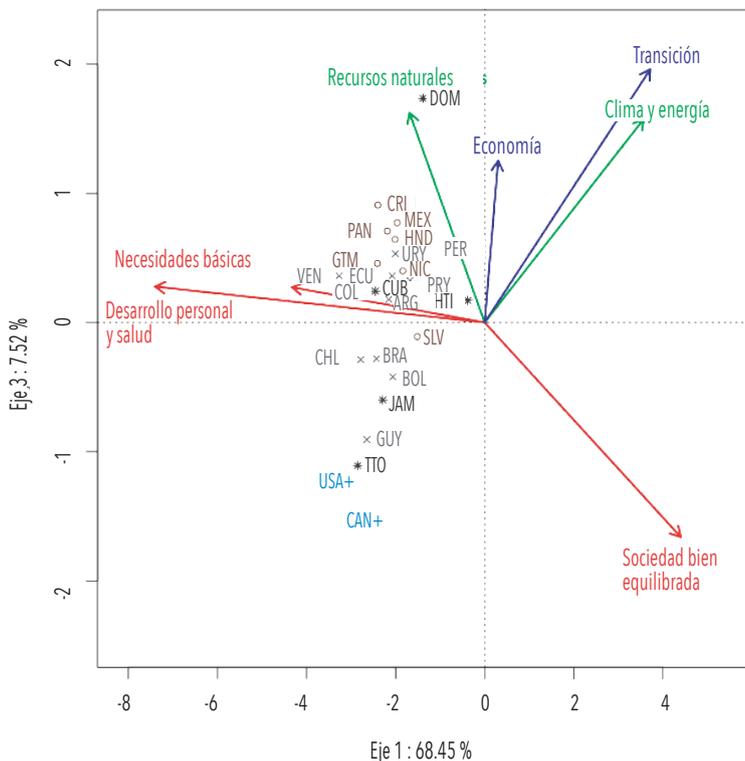
Para el eje 1-3 (Figura 4), existe una correlación entre necesidades básicas y desarrollo personal y salud; también se ve correlación para transición, clima y energía. En cuanto a la relación que existe entre las variables y los países, se puede ver que DOM está relacionada con el índice de recursos naturales, que conlleva a biodiversidad, recursos de agua renovables y consumo.

Biplot dinámico. Paso 2: análisis dinámico

En este paso se obtuvieron tanto las trayectorias de las variables (Figura 4) como las de los países. Estas trayectorias son los “caminos” recorridos de las categorías que conforman el SSI y los países en el lapso de tiempo estudiado teniendo como referencia el año 2016. El Cuadro 4 representa el aporte que cada uno de los países del continente americano genera frente al SSI de acuerdo al Biplot aplicado. En el Cuadro 5 se observan las variables con la mejor calidad de representación con respecto a los valores de los coeficientes de determinación de las proyecciones. Se seleccionaron y marcaron en cursivas los coeficientes que tuvieron un valor no significativo en el estadístico F del ANOVA de la regresión, observando que en las variables recursos naturales y economía, el coeficiente de determinación de la regresión no fue significativo en los seis años estudiados.

Figura 4

Resultados del paso 1. Análisis HJ-Biplot estático de los índices de Sociedad Sostenible (SSI) de los países del continente americano entre los años 2006 y 2016. Eje 1-3



Fuente: Elaboración propia.

Al analizar las trayectorias de las variables, se encontró que en general son cortas y tienden a mejorar, como las categorías: sociedad bien equilibrada, necesidades básicas, transición, y clima y energía. Las categorías que poca trayectoria tuvieron durante los periodos 2006 a 2016 fueron: economía, desarrollo personal y salud. La transición tiene la trayectoria más larga y en crecimiento, seguida de necesidades básicas.

Cuadro 4

Aporte relativo de los países a los ejes del Biplot aplicado a los índices de Sociedad Sostenible (SSI) de los países del continente americano entre los años 2006 y 2016

<i>País</i>	<i>Eje 1</i>	<i>Eje 2</i>	<i>Eje 3</i>
VEN	947	29	7
ECU	923	1	18
COL	887	91	5
NIC	885	15	42
CHL	863	0	9
BRA	860	11	11
HND	833	23	85
PAN	813	0	90
PER	806	38	57
GTM	791	128	24
CUB	782	19	8
CRI	772	22	111
GUY	769	116	91
MEX	768	120	97
ARG	752	202	5
USA	714	120	147
BOL	711	7	30
TTO	701	4	106
JAM	615	14	42
SLV	541	143	3
CAN	443	300	225
PRY	400	111	15
URY	285	529	57
DOM	245	209	383
HTI	27	603	5

Fuente: Elaboración propia.

Las trayectorias de los países están representadas en la Figura 5. La etiqueta del país está ubicada en la situación de referencia, en este caso en el punto final; cada trayectoria es el camino que han seguido los diversos elementos hasta llegar a su posición en dicha situación

de referencia. Se analizaron las trayectorias de las categorías del SSI bien representadas; debido a la magnitud de países en el estudio, se realizó un gráfico por región ya que las trayectorias por país no podían ser observadas a simple vista. La región que ha tenido mayores cambios durante los periodos en estudio para las categorías es Sudamérica, encontrando también a Norteamérica como la región con más estabilidad y menos cambios. Se observa también una tendencia a separarse del resto de las categorías a clima y energía, en donde necesidades básicas y transición son las categorías mejor representadas en el gráfico.

Cuadro 5

Coefficiente de determinación de las variables

<i>Variables</i>	<i>Años</i>					
	<i>2006</i>	<i>2008</i>	<i>2010</i>	<i>2012</i>	<i>2014</i>	<i>2016</i>
Necesidades básicas	0.6904	0.7089	0.7222	0.7361	0.7479	0.7331
Desarrollo personal y salud	0.6020	0.5952	0.6339	0.6156	0.6232	0.6040
Sociedad bien equilibrada	0.2645	0.1553	0.2838	0.3680	0.3856	0.3943
Recursos naturales	<i>0.0905</i>	<i>0.1008</i>	<i>0.1062</i>	<i>0.1215</i>	<i>0.1102</i>	<i>0.0453</i>
Clima y energía	0.4804	0.3923	0.4640	0.6588	0.6073	0.6358
Transición	0.7324	0.7567	0.7324	0.6494	0.8071	0.8346
Economía	<i>0.1199</i>	<i>0.1876</i>	<i>0.0986</i>	<i>0.0680</i>	<i>0.0807</i>	<i>0.0576</i>

Nota: Aparecen en cursivas los valores no significativos a un nivel de confianza del 0.05.

Fuente: Elaboración propia.

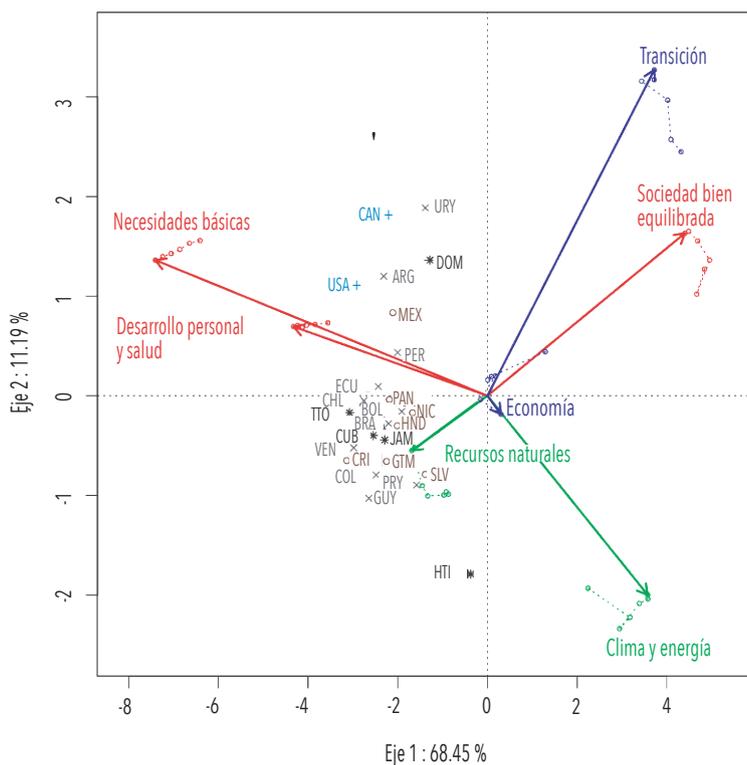
A nivel general, en el continente americano se puede ver una correlación fuerte entre las variables necesidades básicas y desarrollo personal y salud; también puede apreciarse una correlación entre las variables transición y sociedad bien equilibrada; las variables economía, recursos naturales, clima y energía no están bien representadas.

La Figura 6 muestra el análisis para Norteamérica, donde se observa que los países que forman parte de esta región (CAN y USA) están muy relacionados a las variables desarrollo personal y salud, al igual que las necesidades básicas, lo cual conlleva a pensar que

durante los años 2006 a 2016 existe una trayectoria con un ligero incremento en mejora de distribución de ingresos, crecimiento de la población, buen gobierno, suficiente comida, suficiente agua y saneamiento seguro.

Figura 5

Biplot dinámico: trayectoria de los índices de Sociedad Sostenible (SSI) de las variables entre los años 2006 y 2016



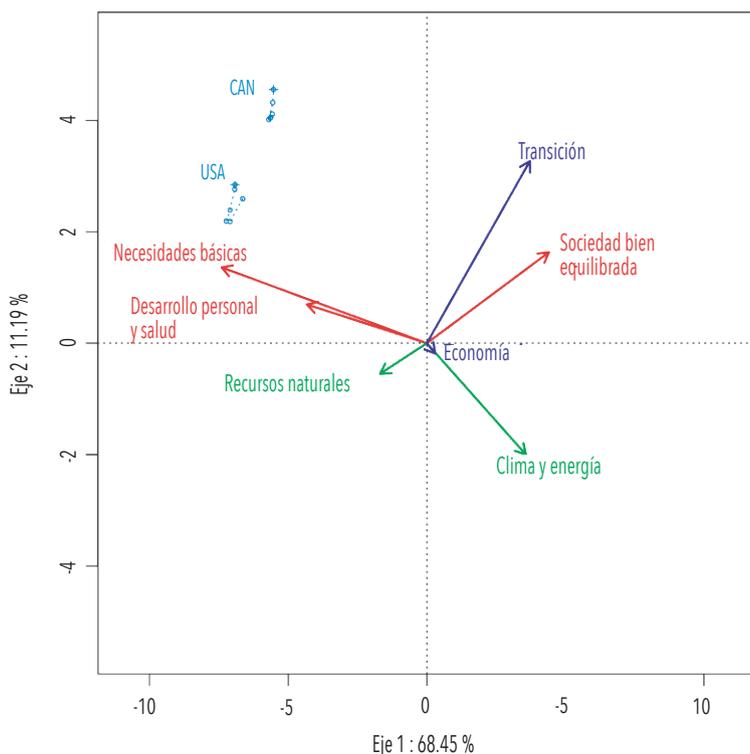
Fuente: Elaboración propia.

Para Centroamérica (Figura 7), puede notarse que MEX se relaciona a la variable necesidades básicas, con una trayectoria positiva durante el periodo 2006 a 2016. El resto de países (SLV, CRI, GTM,

HND, NIC, PAN) tienen relación con la variable de desarrollo personal y salud, observándose trayectorias positivas en cuanto a la distribución de ingresos, crecimiento de la población y buen gobierno.

Figura 6

Biplot dinámico: trayectoria de los índices de Sociedad Sostenible (SSI) de Norteamérica entre los años 2006 y 2016



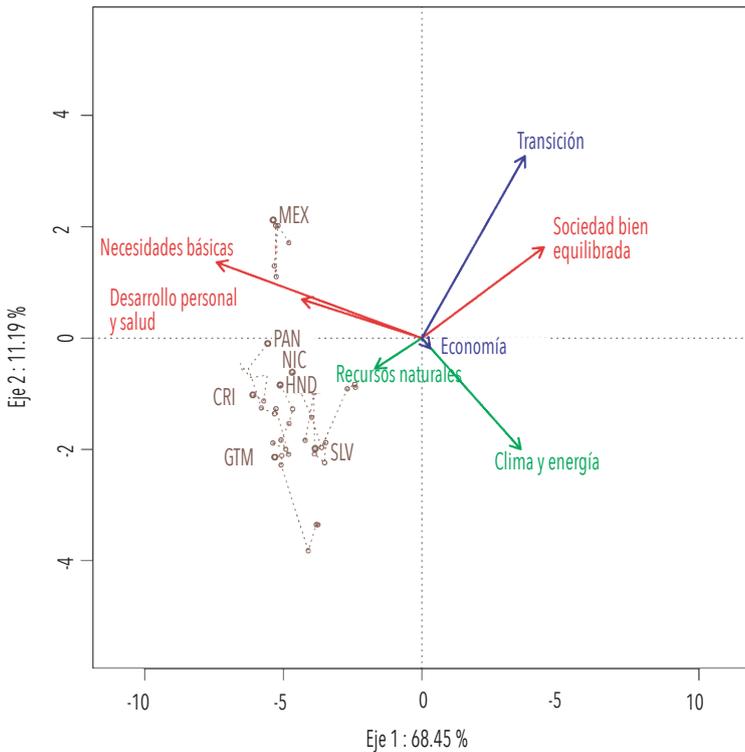
Fuente: Elaboración propia.

El análisis para la región sudamericana se muestra en la Figura 8. Se observa que URY y ARG se relacionan fuertemente a la variable necesidades básicas, donde su trayectoria en los periodos en estudio creció en forma progresiva y después se vuelve circular; esto quiere decir que para estos países no se ha visto crecimiento en los últimos

periodos en cuanto a suficiente comida, suficiente agua y saneamiento seguro. Para los países sudamericanos restantes (BOL, BRA, CHL, COL, ECU, GUY, PRY, PER, VEN) se observa una relación clara con la variable desarrollo personal y salud, aunque las trayectorias son inestables (tienen altibajos). Por otra parte, para estos países a nivel general existe un retroceso en los últimos periodos en la distribución del ingreso, crecimiento en los últimos periodos en la distribución del ingreso, crecimiento de la población y buen gobierno.

Figura 7

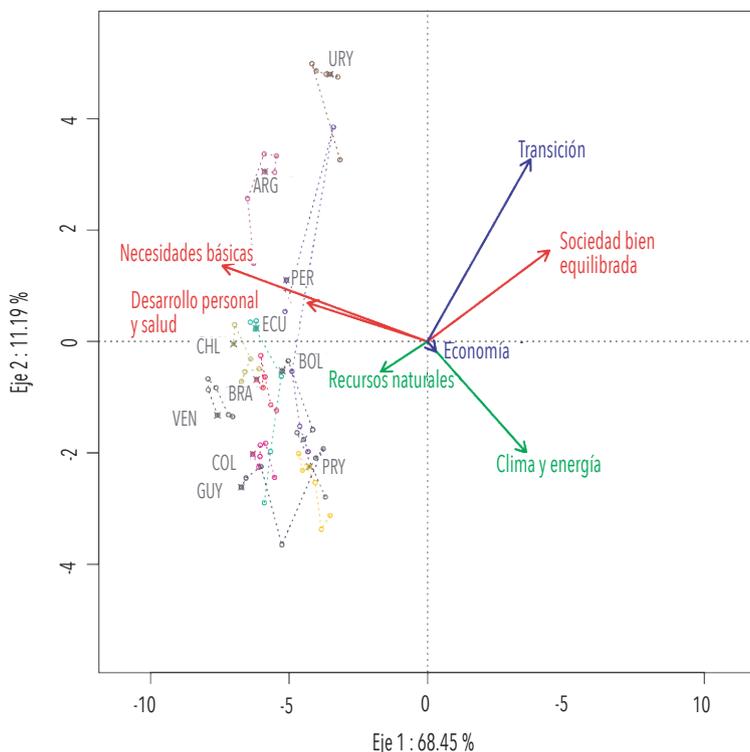
Biplot dinámico: trayectoria de los índices de Sociedad Sostenible (SSI) de Centroamérica entre los años 2006 y 2016



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8

Biplot dinámico: trayectoria de los índices de Sociedad Sostenible (SSI) de Sudamérica entre los años 2006 y 2016



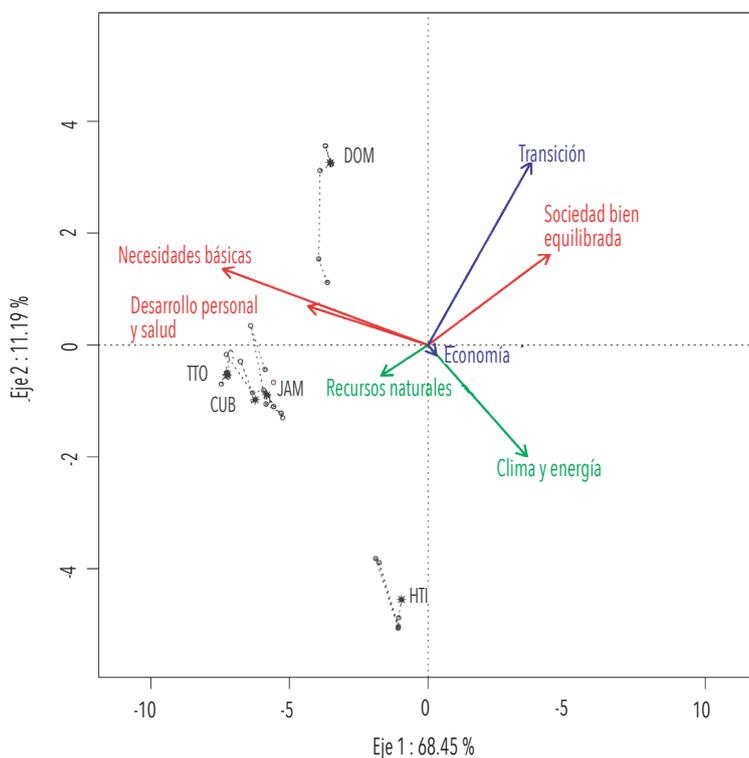
Fuente: Elaboración propia.

La Figura 9 muestra los resultados para la región Caribe; al respecto, DOM tiene una relación directa con la variable necesidades básicas: su trayectoria en los primeros años se incrementa, luego tiende a bajar y en los últimos periodos tiene un comportamiento circular, logrando observar que, para este país, descendió lo relacionado a suficiente comida, suficiente agua y saneamiento seguro. Por su parte, CUB, JAM Y TTO tienen una relación directa con desarrollo personal y salud, con una trayectoria de incremento en los primeros

años y luego se nota en los dos últimos periodos una caída fuerte en cuanto a distribución de ingresos, crecimiento de la población y buen gobierno. HTI tiene un comportamiento aislado de los demás países de la región Caribe, ya que no tiene relación directa con las variables del SSI, su trayectoria tiene altibajos fuertes durante los periodos en estudio, y para el último periodo se observó un leve crecimiento.

Figura 9

Biplot dinámico: trayectoria de los índices de Sociedad Sostenible (SSI) de la región Caribe entre los años 2006 y 2016



Fuente: Elaboración propia.

De cualquier modo, los resultados descritos ponen de manifiesto que las variaciones de los indicadores a través del tiempo podrían estar influenciadas por los efectos de las instituciones entre los países según sus condiciones políticas y estructurales, tal y como señalan Rodrick (2007) y Hausmann, Rodrik y Velasco (2008).

Conclusiones

El método Biplot dinámico ha demostrado ser un nuevo enfoque para el procesamiento de datos de tres vías. Su uso en conjunto con el paquete dynBiplotGUI obtiene resultados fáciles de representar e interpretar.

La categoría de necesidades básicas es correlacionada con desarrollo personal y transición con sociedad bien equilibrada, independientes de economía, recursos naturales y economía. Las variables necesidades básicas (suficiente comida, suficiente agua, saneamiento seguro) y desarrollo personal y salud (distribución de ingresos, crecimiento de la población y buen gobierno), son las que discriminan mejor entre los países provenientes de Centroamérica, Sudamérica y Caribe, teniendo como conclusión que éstos a nivel general tienen constantes altibajos con todo lo relacionado a las categorías del SSI, mientras los países fuera de las regiones anteriormente nombradas disfrutaban más de todo aquello relacionado con esas variables.

Bibliografía

- Brundtland, G. H. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our common future*. United Nations. https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/UN%20WCED%201987%20Brundtland%20Report.pdf
- Cracolici, M. F., Cuffaro, M. y Nijkamp, P. (2010). The measurement of economic, social and environmental performance of countries: A novel approach. *Social Indicators Research*, 95(2), 339-356. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19966915>

- Crepaz, M. (1995). Explaining national variations of air pollution levels: Political institutions and their impact on environmental policy-making. *Journal Environmental Politics*, 4(3), 391-414. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09644019508414213>
- Egido, J. (2017). *dynBiplotGUI: Full interactive GUI for Dynamic Biplot in R. R package version 1.1.5*. <https://CRAN.R-project.org/package=dynBiplotGUI>
- Egido, J. y Galindo, P. (2015). Dynamic Biplot. Evolution of the economic freedom in the European Union. *British Journal of Applied Science and Technology*. 11(3), 1-13. http://www.journalrepository.org/media/journals/BJAST_5/2015/Aug/Egido1132015BJAST20289.pdf
- Gabriel, K. (1971). The Biplot graphic display of matrices with applications to principal components analysis. *Biometrika*, 58(3), 453-467. https://www.jstor.org/stable/2334381?seq=1#page_scan_tab_contents
- Galindo, M. (1986). Una alternativa de representación simultánea: HJ-Biplot. *Questiò, Quaderns d'Estadística, Sistemes, Informàtica i Investigació Operativa*, 10(1), 13-23. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2360880>
- Gallego-Álvarez, I., Galindo-Villardón, M. P. y Rodríguez-Rosa, M. (2015). Analysis of the sustainable society index worldwide: A study from the Biplot perspective. *Social Indicators Research*, 120(1), 29-65. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11205-014-0579-9>
- Giles, D. y Feng, H. (2005). Output and well-being industrialized nations in the second half of the 20th century: Testing for convergence using fuzzy clustering analysis. *Structural Change and Economic Dynamics*, 16(2), 285-308. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0954349X0400058X>
- Hausmann, R., Rodrik, D. y Velasco, A. (2008). Growth diagnostics. En N. Serra y J. E. Stiglitz (eds.), *The Washington consensus reconsidered. Towards a new global governance* (pp. 324-355). Londres: Oxford University Press.
- Jahn, D. (1998). Environmental performance and policy regimes: Explaining variations in 18 OECD-countries. *Poli-*

- cy Sciences*, 31(2), 107-131. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1004385005999>
- Neumayer, E. (2003). Are left-wing party strength and corporatism good for the environment? Evidence from panel analysis of air pollution in OCDE countries. *Ecological Economics*, 45(2), 203-220. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800903000120>
- R Core Team (2018). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Viena, Austria. <https://www.gbif.org/es/tool/81287/r-a-language-and-environment-for-statistical-computing>
- Rodrik, D. (2007). *One economics, many recipes: Globalizations, institutions and economic growth*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Scruggs, L. (1999). Institutions and environmental performance in seventeen western democracies. *British Journal of Political Science*, 29(1), 1-13. https://ideas.repec.org/a/cup/bjposi/v29y1999i01p1-31_00.html
- Scruggs, L. (2001). Is there really a link between neo-corporatism and environmental performance? Updated evidence and new data for the 1980s and 1990s. *British Journal of Political Science*, 31(4), 686-692. https://www.jstor.org/stable/3593298?seq=1#page_scan_tab_contents
- Scruggs, L. (2003). *Sustaining abundance. Environmental performance in industrial democracies*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511615689>
- Van de Kerk, G. y Manuel, A. (2014). *Sustainable Society Index-SSI 2014*. Países Bajos: Sustainable Society Foundation. <https://ssi.wi.th-koeln.de/documents/ssfindex/ssi-2014.pdf>
- World Bank. (2017-2018). *World Bank list of economies*. www.worldbank.org

Acerca de los autores

Javier De La Hoz Maestre es ingeniero pesquero por la Universidad del Magdalena; especialista y maestro en Estadística Aplicada

por la Universidad del Norte; y estudiante de doctorado en Estadística Multivariante Aplicada en la Universidad de Salamanca. Tiene más de cinco años como jefe de Análisis de Datos del Sistema Estadístico Pesquero Colombiano. Actualmente es docente investigador de la Universidad del Magdalena, en donde pertenece a los grupos de investigación Biodiversidad y Ecología Aplicada, y Ciencia y Tecnología Pesquera Tropical, ambos categorizados y reconocidos por Colciencia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7779-0803>

Entre sus publicaciones se encuentran:

- De la Hoz-M, J., Fernández-Gómez, M. J. y Mendes, S. (2021). LDASHiny: An R package for exploratory review of scientific literature based on a Bayesian probabilistic model and machine learning tools. *Mathematics*, 9(14), 1671. <https://doi.org/10.3390/math9141671>
- Altamar, J., Wong-Lubo, J., De la Hoz-M., J. y Martínez-Dallos, I. (2020). Evaluación de la selectividad de redes de enmalle y líneas de mano para la captura de cojinoa (*Caranx crysos*) en áreas de influencia marina del Parque Nacional Natural Tayrona. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 49, 209-222. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2020.49.SuplEsp.1074>
- Paramo, J., Motta, J. y De La Hoz, J. (2017). Estructura poblacional del pez macrúrido *Coelorinchus caelorhincus* en aguas profundas de la costa caribe de Colombia. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 46(1). <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2017.46.1.720>

Karime Montes Escobar es profesional en Matemáticas con énfasis en Estadística por la Universidad del Tolima, y es Magister Scientiae en Agroforestería Tropical por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Realiza estudios de doctorado en Estadística Multivariante Aplicada en la Universidad de Salamanca. Es investigador acreditado por la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación en Ecuador. Sus campos de investigación involucran la estadística aplicada y las ciencias agroforestales. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9555-0392>

Entre sus publicaciones se encuentran:

- Bucheli Giler, C., Alarcón Cano, D. F. y Montes Escobar, K. (2021). Modelo de regresión de Cox para análisis de supervivencia en pacientes con cáncer de mama en la provincia de Manabí, Ecuador. *Bionatura, Latin American Journal of Biotechnology and Life Sciences*, 6(3), 2031-2037. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2021.06.03.24>
- Painii Montero, V. F., Santillán Muñoz, O. B., Montes Escobar, K., y Garces Fiallos, F. R. (2020). Caracterización de las unidades productivas de soya en la costa ecuatoriana. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(3), 1-20. https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1494
- Salas Macías, C., Montes Escobar, K., Sánchez-Sancán, G., Alcívar Chávez, W., Murillo Choez, A., Vera Cedeño, F., Bolcato, D. e Iglesias-Abad, S. (2020). Influencia del gradiente altitudinal sobre la estimación del carbono almacenado en biomasa aérea viva y en suelos del “Bosque y vegetación protector El Artesan - EcuadorianHands”. Joa, Jipijapa. *Ecosistemas*, 29(2), 1073. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1973>

Carlos Alfredo Salas Macías es ingeniero agropecuario por la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí y posee una maestría en Administración y Mercadeo Agropecuario por la misma institución. Es Magister Scientiae en Agroforestería Tropical por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Realizó estudios de doctorado en Ingeniería y Ciencias Ambientales en la Universidad Nacional Agraria La Molina. Es investigador acreditado por la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación en Ecuador. Sus campos de especialización involucran las ciencias agropecuarias, las ciencias ambientales y la sostenibilidad. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1641-1571>

Entre sus publicaciones se encuentran:

- Velecela, S., Meza, V., García, S., Alegre, J. y Salas, C. (2019). Vermicompost enriquecido con microorganismos benéficos bajo dos sistemas de producción y sus efectos en el rábano (*Raphanus sativus L.*). *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 229-239. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.02.08>

- Iglesias Abad, S., Alegre Orihuela, J., Salas Macías, C. y Egüez Moreno, J. (2018). El rendimiento del maíz (*Zea mays L.*) mejora con el uso del biochar de eucalipto. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 25-32. <https://dx.doi.org/10.172s68/sci.agropecu.2018.01.03>
- García-Mera, G. A., Salas-Macías, C. A. y Canales-Torres, H. G. (2017). Recubrimiento comestible natural con base en Aloe vera como estrategia de conservación de *Psidium guajava*. *Revista Científica*, 30(3), 224-236. <https://doi.org/10.14483/23448350.11790>

Recepción: 31 de octubre de 2019.
Aceptación: 10 de febrero de 2020.

