



WORLD
RESOURCES
INSTITUTE

ÍNDICE DE SUSTENTABILIDAD PARA LA RESTAURACIÓN DE PAISAJES

*Una herramienta para el monitoreo de los impactos biofísicos
y socioeconómicos de la restauración del paisaje*

RENÉ ZAMORA CRISTALES, DORIBEL HERRADOR, NELSON CUÉLLAR, OSCAR DÍAZ, SUSAN
KANDEL, JORGE QUEZADA, SILVIA DE LARIOS, GIOVANNI MOLINA, MADELYN RIVERA,
WILFREDO MORÁN-RAMÍREZ, ABNER JIMÉNEZ, EMMA FLORES, MARÍA FRANCO CHUAIRE,
LUCIANA GALLARDO LOMELI, WALTER VERGARA

En colaboración con:

PRISMA
Programa Regional de Investigación
sobre Desarrollo y Medio Ambiente



MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE

REDD+ Landscape

Implementado por:

giz

Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

ÍNDICE DE SUSTENTABILIDAD PARA LA RESTAURACIÓN DE PAISAJES

Componentes

$$ISP = (ICA + IQ + ICS + IBP + ICO_2 + ITA + IRV + IGP) / 8$$



Índice
Calidad de
Agua
(ICA)



Índice de
Caudales
(IQ)



Índice
Calidad de
Suelos
(ICS)



Índice de
Biodiversi-
dad de
Paisajes
(IBP)



Índice de
Carbono
Equivalente
Adicional
(ICO₂e)



Índice de
Trabajo
Adicional
(ITA)



Índice de
Reducción
de
Vulnerabilid
ad (IRV)



Índice de
Gobernanza
de Paisajes
(IGP)

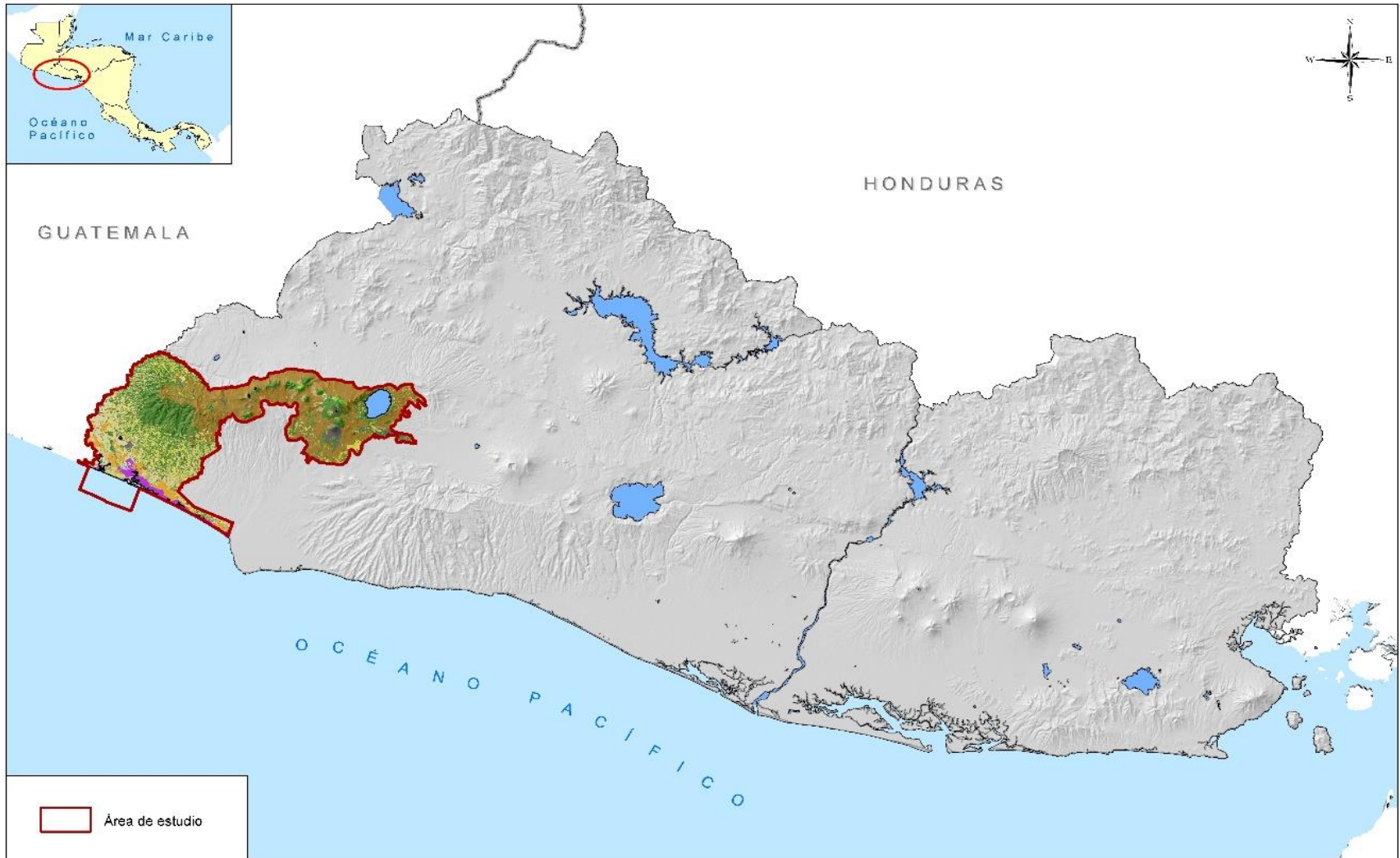
Componentes Biofísicos y Socioeconómicos

Los valores del ISP y los índices que lo componen oscilan entre 0 y 1

0 es la calificación más baja

1 es la calificación más alta

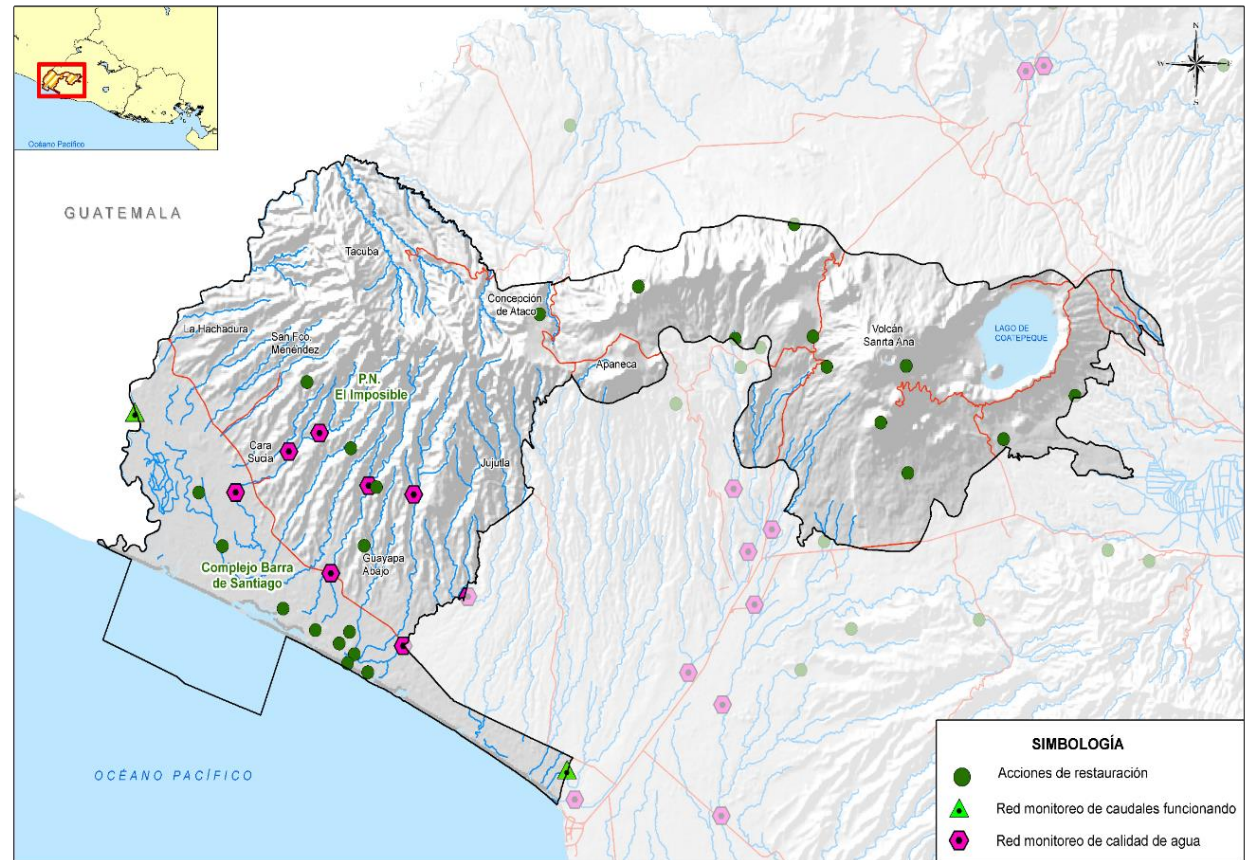
PAISAJE PILOTO PARA APLICAR EL ISR



ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)



- Valores de calidad de agua desde año 2006.
- Red de 115 estaciones de monitoreo de calidad de agua en 55 ríos del país
- Base de datos del Sistema de Información Hídrica (SIHI)



<http://srt.snet.gob.sv/sihi/public/app/2/puntosmuestreo>

CÁLCULO Y NORMALIZACIÓN DE VALORES



Región hidrográfica C: Cara Sucia – San Pedro	
Estaciones de Muestreo	2017
Río Guayapa, cantón Loma de Guayapa	78
Río El Naranjo, caserío El Tigre, aguas arriba de San José Naranjos	71
Río El Naranjo, cantón Capulín, calle a San José Los Naranjos	77
Río El Rosario, aguas arriba de caserío California	77
Río Cara Sucia, Los Encuentros.	74
Río Guayapa, Hacienda Santa Catarina	71
Río El Rosario, aguas debajo de puente carretera El Litoral	71
Río Cara Sucia, cantón El Corozal	65
Río Cara Sucia, aguas debajo de puente litoral, Garita Palmera	72
Región hidrográfica B: Río Paz	
Río Paz, Hacienda Los Mangos, Tacuba.	72
Río Paz, 200 m aguas abajo del puente La Hachadura- San Francisco M.	71
Promedio	72.6

Calidad	Color	Valor
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Calificación	Rango de Valores ICA
Excelente	0.91 a 1
Muy Buena	0.71 a 0.9
Buena	0.51 a 0.7
Regular	0.26 a 0.5
Deficiente	0 a 0.25



2017

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DE PAISAJES



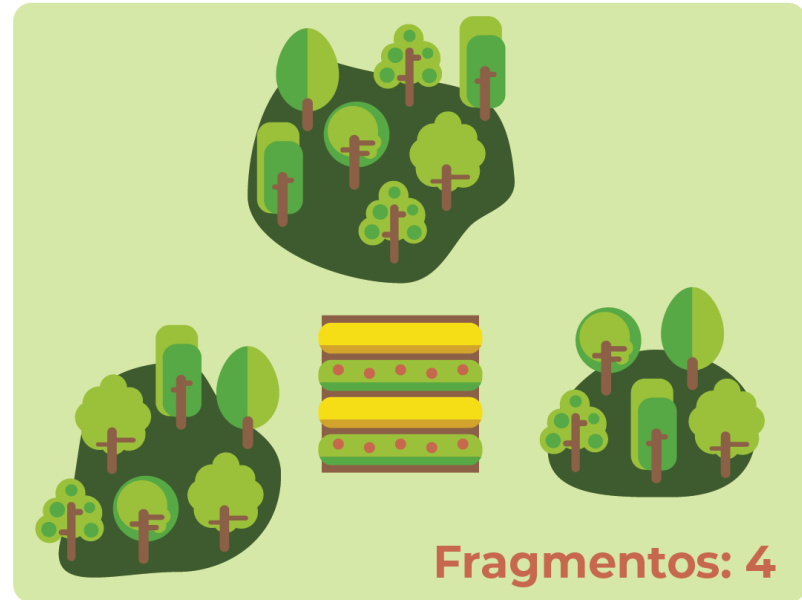
$$IBP = (PAFRAC + PLAND + NP + LPI + CONTAG) / 5$$

Los índices de paisaje informan sobre la composición y configuración de los paisajes, la proporción de cada cubierta del suelo, la morfología de los elementos del paisaje, la fragmentación del mismo y la conectividad existente

Los métodos cuantitativos en ecología del paisaje son aplicables a tres niveles:

Paisaje

Clases: 2



ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DE PAISAJES



$$IBP = (PAFRAC + PLAND + NP + LPI + CONTAG) / 5$$

Donde:

PAFRAC= Dimensión Fractal Perímetro-Área

PLAND= Porcentaje del Paisaje

NP= Número de Fragmentos o parches

LPI= Índice del fragmento más grande

CONTAG= Índice de contagio

- IBP viene dado por el promedio de los índices que lo componen
- Cada uno de los índices tiene rangos diferentes y deben analizarse en conjunto
- El cálculo de los índices requiere el mapa de uso de suelo del año en estudio

PROGRAMA FRAGSTATS



UMass Landscape Ecology Lab

Home About People Publications Presentations Research Teaching Opportunities

FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps

Home Page

What is FRAGSTATS?

FRAGSTATS is a computer software program designed to compute a wide variety of landscape metrics for categorical map patterns. The original software (version 2) was released in the public domain during 1995 in association with the publication of a USDA Forest Service General Technical Report (McGarigal and Marks 1995). Since then, hundreds of professionals have enjoyed the use of FRAGSTATS. Due to its popularity, the program was completely revamped in 2002 (version 3). Recently, the program was upgraded to accommodate ArcGIS10 (version 3.4). The latest release (version 4) reflects a major revamping of the software, with a completely redesigned architecture intended to support the addition of cell-level metrics and surface pattern metrics, among other things. The current release of version 4 (v4.2) has essentially the same functionality as version 3, but with a new user interface that reflects the redesign of the model architecture, support for additional image formats, and a variety of sampling methods for analyzing sub-landscapes.

The purpose of this web site is to facilitate dissemination of the software and to facilitate communication among FRAGSTATS users.

About The Developers

Quicklinks

- DSL
- FRAGSTATS
- CAPS
- HABIT@
- RMLands
- Vernal pools
- Fire
- Shortcourses

FRAGSTATS Home

FRAGSTATS Documentation

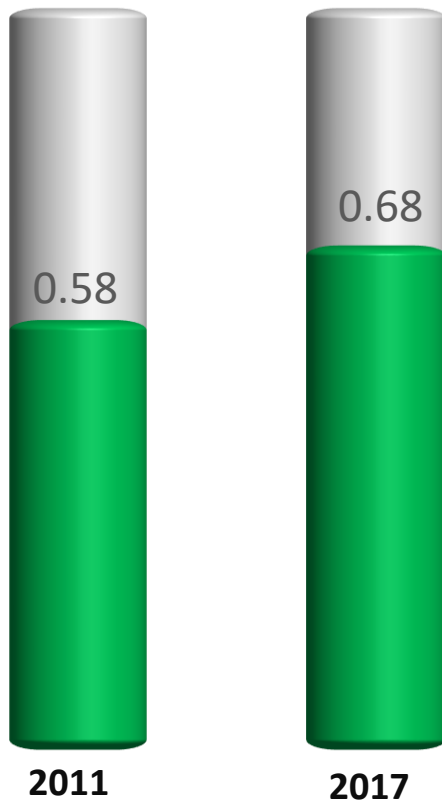
FRAGSTATS Downloads

FRAGSTATS FAQ

FRAGSTATS Links

FRAGSTATS Workshops

RESULTADOS IBP 2011 Y 2017



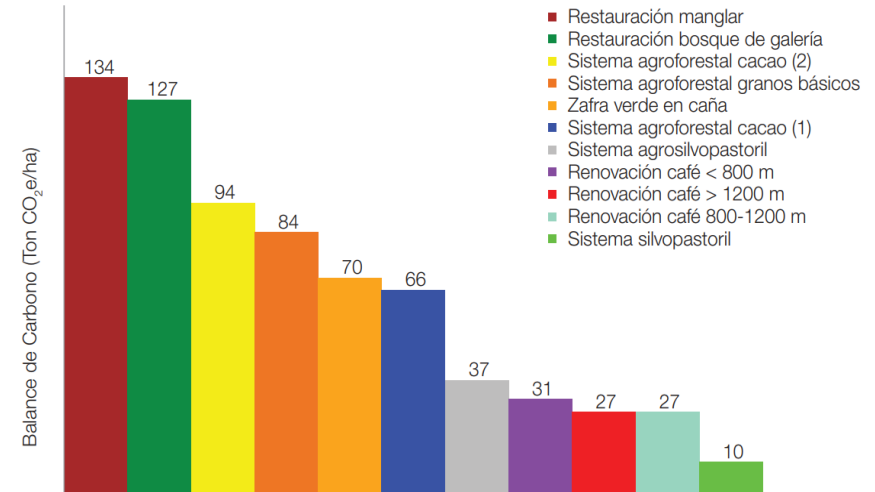
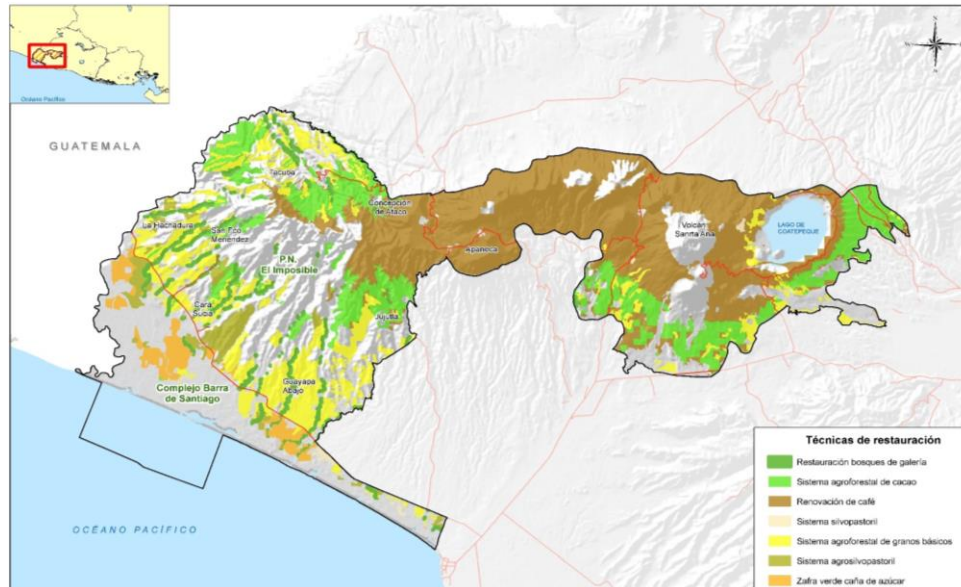
Calificación	Rango de Valores IBP
Excelente	0.91 a 1
Muy Buena	0.71 a 0.9
Buena	0.51 a 0.7
Regular	0.26 a 0.5
Deficiente	0 a 0.25

ÍNDICE DE CARBONO ADICIONAL (ICO₂e)



$$\text{ICO}_{2e} = \frac{\text{Ganancia CO}_2 - \text{Valor mínimo}}{\text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo}}$$

ICO₂e a partir del mapa de prioridades de restauración y oportunidades de transición a la restauración



Raes, L., Nello, T., Nájera, M., Chacón, O., Meza Prado, K., Sanchún, A. (2017). *Análisis económico de acciones para la restauración de paisajes productivos en El Salvador*. Informe final. UICN.

ÍNDICE DE CARBONO ADICIONAL (ICO₂e)



$$\text{ICO}_{2e} = \frac{\text{Ganancia CO}_2 - \text{Valor mínimo}}{\text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo}}$$

Valor Máximo = 2,707,195.5 tCO₂e

Valor Mínimo = 0 tCO₂e

Ganancia (2017) = 221,623.11 tCO₂e

ICO₂e = 0.08

IBP y ICO₂e se pueden continuar calculando utilizando herramientas como *Collect Earth*

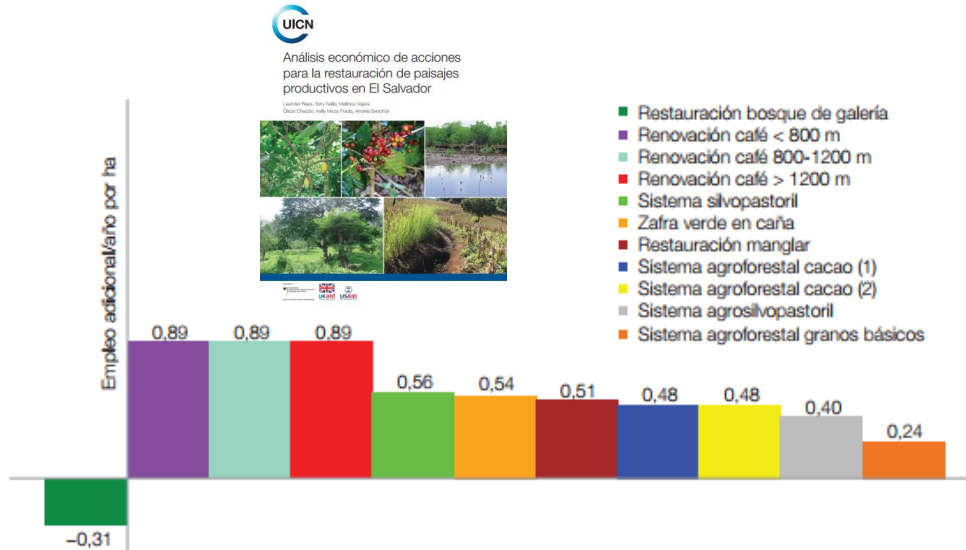


Calificación	Rango de valores ICO ₂ e
Excelente	0.76 a 1.0
Muy Bueno	0.51 a 0.75
Buena	0.26 a 0.50
Regular	0.11 a 0.25
Deficiente	0 a 0.1

ÍNDICE DE JORNALES ADICIONALES



$$\text{ITA} = \frac{\text{Trabajo adicional actual} - \text{Valor mínimo}}{\text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo}}$$



Valor Máximo = 47.3 millones de jornales
 Valor Mínimo = 0 empleos

Trabajo adicional (2016-2018) = 2.6 millones de jornales

Raes, L., Nello, T., Nájera, M., Chacón, O., Meza Prado, K., Sanchún, A. (2017). *Análisis económico de acciones para la restauración de paisajes productivos en El Salvador*. Informe final. UICN.

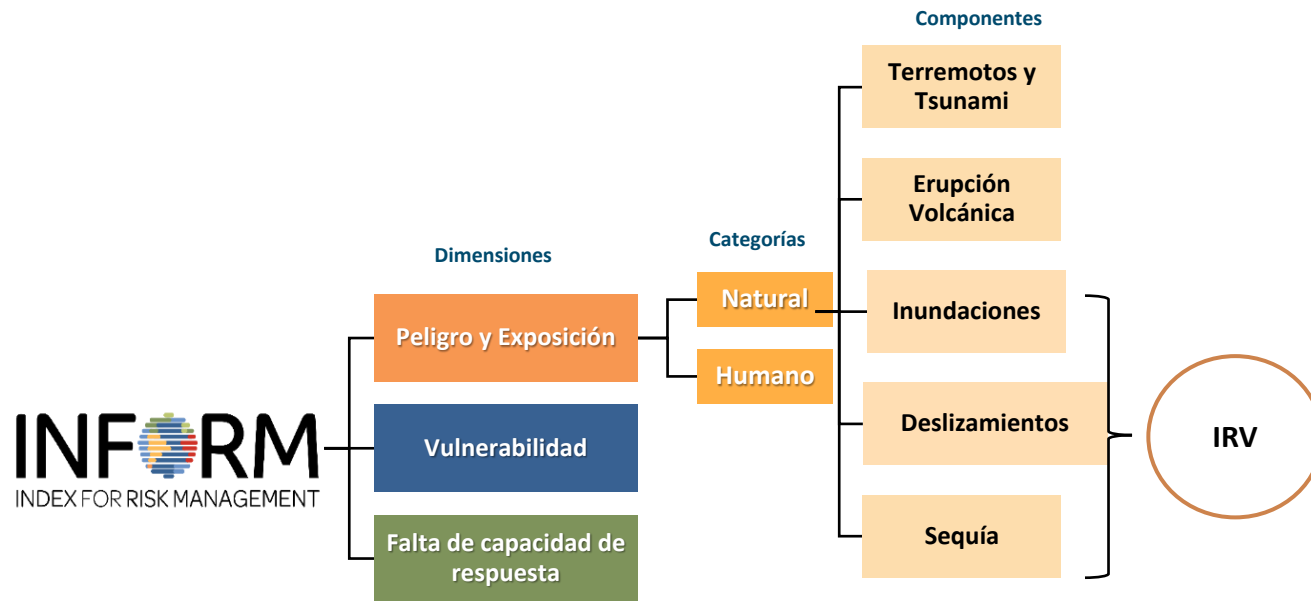
ÍNDICE DE JORNALES ADICIONALES



Calificación	Rango de valores ITA
Excelente	0.76 a 1.0
Muy Bueno	0.51 a 0.75
Buena	0.26 a 0.50
Regular	0.11 a 0.25
Deficiente	0 a 0.1

ITA= 0.05

ÍNDICE DE REDUCCIÓN DE VULNERABILIDAD



- Base de datos del Índice de Gestión de Riesgos (**INFORM**), para El Salvador 2017.
- Valores del índice de **exposición física a inundaciones, deslizamientos y sequía**.
- Mapa de proporción de municipios en el paisaje.

ÍNDICE DE REDUCCIÓN DE VULNERABILIDAD



Los valores del índice de peligro natural oscilan entre 0 y 10

0, nivel de bajo peligro

10, mayor nivel de peligro

INFORM		Valores IRV	
Muy Alto	6.9-10	0-0.1	Deficiente
Alto	4.7-6.8	0.11-0.25	Regular
Medio	2.8-4.6	0.26-0.50	Bueno
Bajo	1.3-2.7	0.51-0.75	Muy Bueno
Muy Bajo	0.0-1.2	0.76-1	Excelente

0.36

IRV= 0.36

Para el IRV

- Se normalizan los valores para el ISR
- Inversión de la escala

Dr. Rene Zamora-Cristales, rene.zamora@wri.org & Lic. Nelson Cuellar n.cuellar@prisma.org.sv

Initiative
20x20

PRISMA
Programa Regional de Investigación
sobre Desarrollo y Medio Ambiente



WORLD
RESOURCES
INSTITUTE

REDD+ Landscape

Implementado por:

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



GOBIERNO DE
EL SALVADOR

MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS
NATURALES



Supported by:



Federal Ministry for the
Environment, Nature Conservation,
Building and Nuclear Safety

based on a decision of the German Bundestag

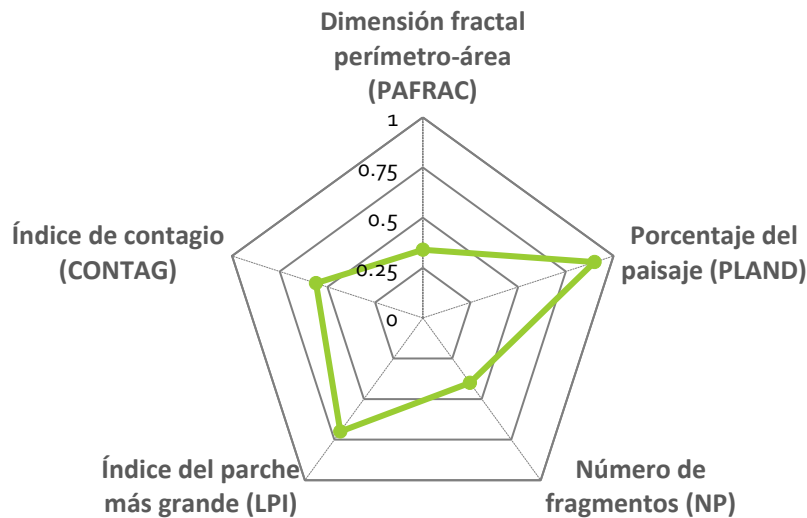
CCAD
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

SICA
Sistema de la Integración
Centroamericana

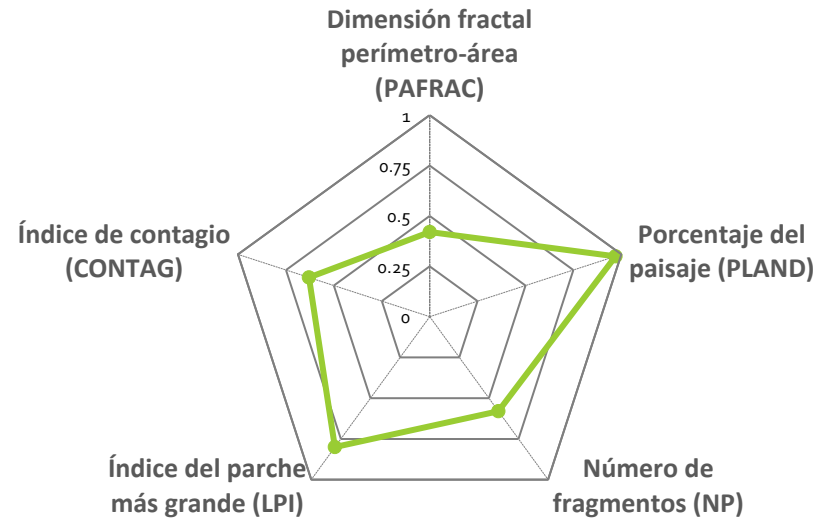
RESULTADOS IBP 2011 Y 2017



$$IBP = (PAFRAC + PLAND + NP + LPI + CONTAG) / 5$$



2011



2017

ADAPTACIÓN DE LOS ÍNDICES DE PAISAJE AL IP



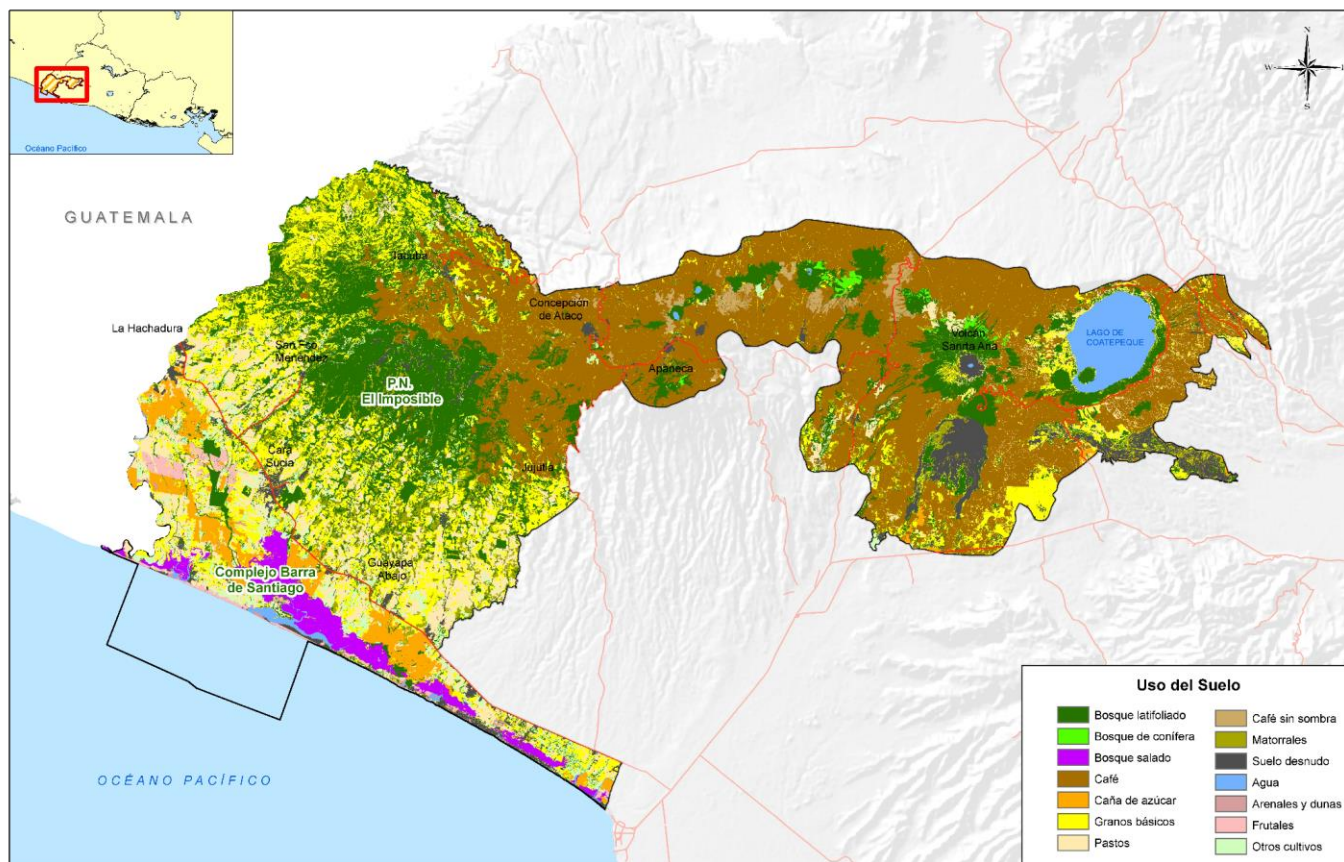
Deficiente		Regular		Bueno		Muy bueno		Excelente	
PAFRAC	Normalización	PAFRAC	Normalización	PAFRAC	Normalización	PAFRAC	Normalización	PAFRAC	Normalización
1.0 a 1.2	0 a 0.2	1.21 a 1.4	0.21 a 0.4	1.41 a 1.6	0.41 a 0.6	1.61 a 1.8	0.61 a 0.8	1.81 a 2	0.81 a 1.0
1.00 - 1.05	0.00 - 0.05	1.21 - 1.25	0.21 - 0.25	1.41 - 1.45	0.41 - 0.45	1.61 - 1.65	0.61 - 0.65	1.81 - 1.85	0.81 - 0.85
1.06 - 1.1	0.06 - 0.1	1.26 - 1.30	0.26 - 0.30	1.46 - 1.50	0.46 - 0.50	1.66 - 1.7	0.66 - 0.7	1.86 - 1.9	0.86 - 0.9
1.11 - 1.15	0.11 - 0.15	1.31 - 1.35	0.31 - 0.35	1.51 - 1.55	0.51 - 0.55	1.71 - 1.75	0.71 - 0.75	1.91 - 1.95	0.91 - 0.95
1.16 - 1.20	0.16 - 0.2	1.36 - 1.40	0.36 - 0.40	1.56 - 1.6	0.56 - 0.6	1.76 - 1.80	0.76 - 0.8	1.96 - 2.00	0.96 - 1.00

Deficiente		Regular		Bueno		Muy bueno		Excelente	
CONTAG	Normalización	CONTAG	Normalización	CONTAG	Normalización	CONTAG	Normalización	CONTAG	Normalización
0.0 a 20	0 a 0.2	21 a 35	0.21 a 0.4	36 a 55	0.41 a 0.6	56 a 70	0.61 a 0.8	71 a 100	0.81 a 1.0
0.0 - 5	0.00 - 0.05	21 - 23	0.21 - 0.25	36 - 40	0.41 - 0.45	56 - 58	0.61 - 0.65	71 - 75	0.81 - 0.85
6 - 10	0.06 - 0.1	24 - 26	0.26 - 0.30	41 - 45	0.46 - 0.50	59 - 62	0.66 - 0.70	76 - 85	0.86 - 0.9
11 - 15	0.11 - 0.15	27 - 30	0.31 - 0.35	46 - 50	0.51 - 0.55	63 - 66	0.71 - 0.75	86 - 90	0.91 - 0.95
16 - 20	0.16 - 0.2	31 - 35	0.36 - 0.40	51 - 55	0.56 - 0.60	67 - 70	0.76 - 0.8	91 - 100	0.96 - 1.00

PAISAJE: EL IMPOSIBLE-BARRA DE SANTIAGO APANECA-ILAMATEPEC



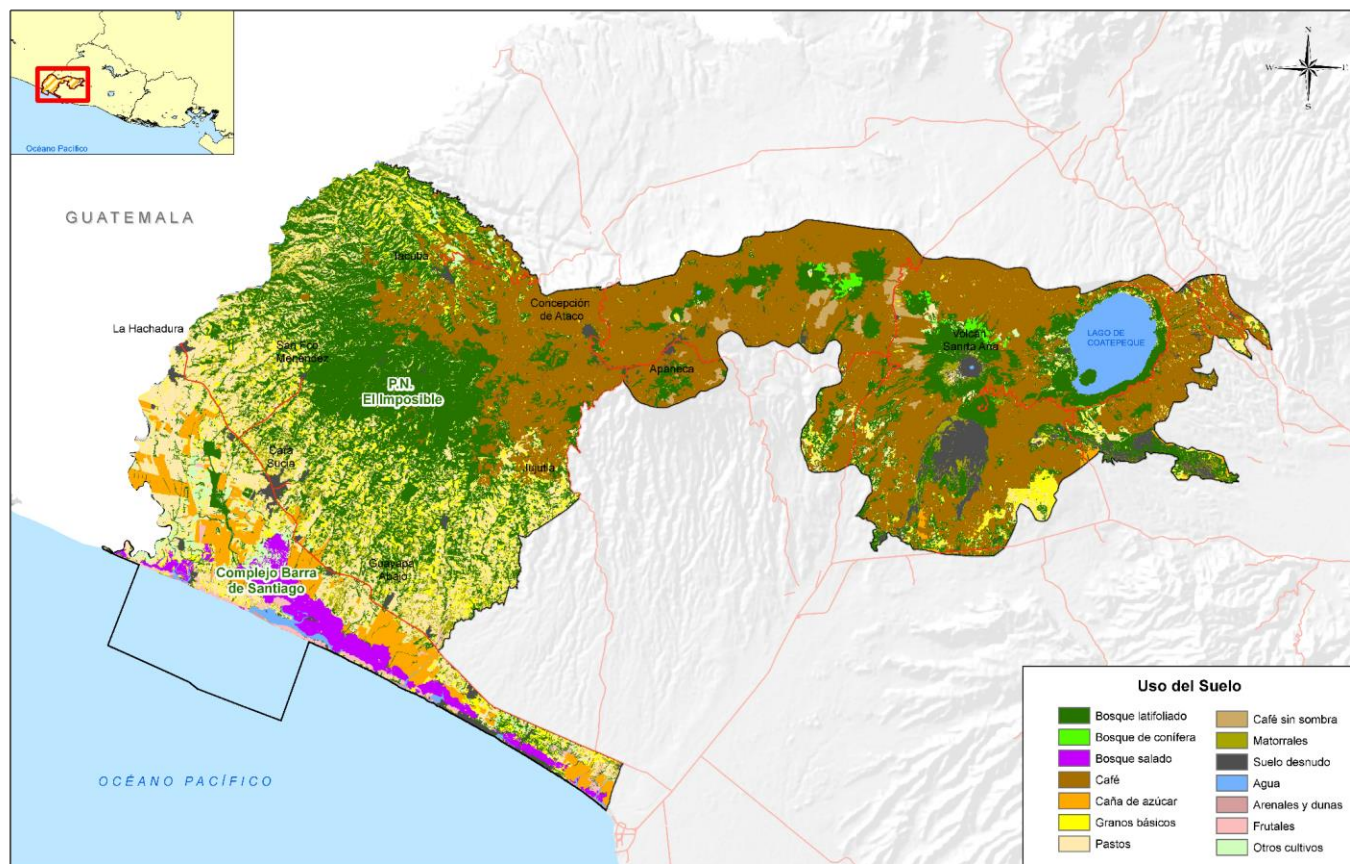
2011



PAISAJE: EL IMPOSIBLE-BARRA DE SANTIAGO APANECA-ILAMATEPEC



2017



PROGRAMA FRAGSTATS



Indicadores2002.fca

File Analysis Help

New Open Save Save as Run

Input layers Analysis parameters

Batch management

Layers
C:\Users\prisma\Desktop\Indicador...

File type : ---
Row count : ---
Column count : ---
Cell size : ---
Background value : ---
Band : ---
No data value : ---

Add layer...
Edit layer info...
Remove layer
Remove all layers
Export batch
Import batch

Common tables

Class descriptors C:\Users\prisma\Desktop\Indicac Browse X
Edge depth Browse X
 Use fixed depth Not set ...

Patch metrics
Class metrics
Landscape metrics

Run list:
R-001 C:\Users\prisma\Di

Save ADJ file
Save run as...
Drop selected run
Drop all

Patch	Class	Landscape	TYPE	CA	PLAND
1	C:\Users\prisma\	Usos y coberturas diversas		4362.2100	6.5054
2	C:\Users\prisma\	Granos básicos		24446.0700	36.4565
3	C:\Users\prisma\	Mosaicos		8045.3700	11.9981
4	C:\Users\prisma\	Bosque		8239.0500	12.2869
5	C:\Users\prisma\	Café		10305.6300	15.3688
6	C:\Users\prisma\	Tejido urbano		1404.6300	2.0947
7	C:\Users\prisma\	Pastos		3878.5500	5.7841
8	C:\Users\prisma\	Caña de azúcar		3933.8100	5.8665
9	C:\Users\prisma\	Manglar		2440.0800	3.6389

Activity log

Welcome to Fragstats v4.2.1 !
08/29/18 07:18:06: Categorical analysis session started.
08/29/18 07:18:26: Warning: Units not specified, meters assumed.
08/29/18 07:20:56: Checking model consistency
08/29/18 07:20:56: Model consistency check: OK
08/29/18 07:21:12: Starting run 1.
08/29/18 07:21:12: Analyzing file: C:\Users\prisma\Desktop\Indicadores_biodiversidad\2002\Iso2002.img
08/29/18 07:21:13: Run 1 ended.
08/29/18 07:21:13: Run completed in 1.26s, please review the results.

ADAPTACIÓN DE LOS ÍNDICES DE PAISAJE AL IBP

Índice de relación perímetro área (PAFRAC por sus siglas inglés, *perimeter-area fractal dimension*)

Rango: $1 < \text{PAFRAC} \leq 2$

Un PAFRAC mayor que 1 para un mosaico de paisaje bidimensional indica un alejamiento de una geometría euclidiana (es decir, un aumento en la complejidad de la forma del parche). PAFRAC se aproxima a 1 para formas con perímetros muy simples, como cuadrados que implican áreas de cultivo, por ejemplo; y se aproxima a 2 para formas con perímetros de llenado de planos altamente complicados.

Rangos	$1.0 \geq \text{PAFRAC} \leq 1.2$	$1.21 \geq \text{PAFRAC} \leq 1.4$	$1.41 \geq \text{PAFRAC} \leq 1.6$	$1.61 \geq \text{PAFRAC} \leq 1.8$	$1.81 \geq \text{PAFRAC} \leq 2$
Calificación	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
Normalización IBP	0 a 0.2	0.21 a 0.4	0.41 a 0.6	0.61 a 0.8	0.81 a 1.0

Porcentaje de paisaje (PLAND)

$0 < \text{PLAND} \leq 100$

El porcentaje de paisaje cuantifica la abundancia proporcional de cada tipo de fragmento del paisaje. Tal como el Área total de clase, es una medida de la composición del paisaje, importante en muchas aplicaciones ecológicas.

PLAND se aproxima a 0 cuando el correspondiente tipo de parche (clase) en el paisaje se convierte progresivamente en raro en el paisaje.

PLAND=100 cuando el paisaje por completo está compuesto por un solo tipo de fragmento, esto quiere decir, cuando toda la imagen en el mapa está representada por un solo tipo o clase de uso de suelo.

Rangos	$0 < \text{PLAND} \leq 15$	$16 \leq \text{PLAND} \leq 25$	$26 \leq \text{PLAND} \leq 35$	$36 \leq \text{PLAND} \leq 45$	$46 \leq \text{PLAND} \leq 70$
Normalización IBP	0 a 0.2	0.21 a 0.4	0.41 a 0.6	0.61 a 0.8	0.81 a 1.0

Índice de contagio (CONTAG)

El contagio explica la medida en que los tipos de parches se agregan o agrupan (es decir, la dispersión); los valores más altos de contagio pueden resultar de paisajes con algunos parches grandes y contiguos, mientras que los valores más bajos generalmente caracterizan paisajes con muchos parches pequeños y dispersos.

$0 < \text{CONTAG} \leq 100$

CONTAG se acerca a 0 cuando los tipos de parches están desagregados al máximo y entremezclados. CONTAG = 100 cuando todos los tipos de parche se agregan al máximo.

Rangos	$0 < \text{CONTAG} \leq 20$	$21 \leq \text{CONTAG} \leq 35$	$36 \leq \text{CONTAG} \leq 55$	$56 \leq \text{CONTAG} \leq 70$	$71 \leq \text{CONTAG} \leq 100$
Normalización IBP	0 a 0.2	0.21 a 0.35	0.36 a 0.55	0.56 a 0.70	0.71 a 1.0

RESULTADOS FRAGSTATS



Clasificación de uso del suelo	Índices año 2017									
	Porcentaje de Paisaje (PLAND)		Número de fragmentos (NP)		Índice del parche más grande (LPI)		Índice de relación perímetro-área (PAFRAC)		Índice de contagio (CONTAG)	
	2011	2017	2011	2017	2011	2017	2011	2017	2011	2017
Bosque Latifoliado	21.11	28.01	41127	2311	8.26	14.14	1.33	1.49		
Bosque de coníferas	0.3	0.32	392	51	0.09	0.1	1.27	1.27		
Bosque salado	2.34	2.32	587	41	1.62	1.61	1.27	1.36		
Matorral	4.85	4.07	62413	27866	0.07	0.05	1.31	1.4		
Otros cultivos	2.79	0.94	11915	351	0.1	0.17	1.3	1.22		
Granos básicos	16.37	7.13	98151	34965	1.07	0.27	1.31	1.37	56.7	59.86
Frutales	0.74	0.55	348	193	0.21	0.08	1.28	1.24		
Pastos	9.01	14.2	23370	33059	0.41	1.91	1.26	1.39		
Caña de azúcar	2.99	3.51	639	122	0.78	0.82	1.25	1.19		
Café sin sombra	1.03	0.91	1191	31	0.31	0.15	1.34	1.34		
Café bajo sombra	31.34	32.05	7599	338	26.83	27.58	1.31	1.37		