



ÍNDICE DE INTEGRIDAD ECOSISTÉMICA: PERSPECTIVAS DE APLICACIÓN EN SISTEMAS FRUTÍCOLAS

Índice de Integridade do Ecossistema. Perspectivas de Aplicação em Sistemas de Fruticultura

Ecosystem Integrity Index. Perspectives of Application in Fruit Systems

Georgina García Inza¹ 

Gabriela Linari² 

RESUMEN

La fruticultura actualmente presenta el desafío de producir alimentos de manera sustentable, cuidando la salud de los consumidores y del ambiente y asegurando la provisión de servicios ecosistémicos. La evaluación del desempeño de los sistemas puede resultar dificultosa y cara. El Índice de Integridad Ecosistémica (IIE) es una herramienta cuali-cuantitativa de fácil aplicación y de utilidad para la evaluación y gestión de los sistemas. El objetivo del trabajo fue generar información para la validación del uso del IIE en fruticultura a través de su aplicación en cuadros de manzano. Los resultados mostraron coherencia entre los valores del IIE y las observaciones a campo. El IIE es una herramienta con buen potencial para evaluar el desempeño de los sistemas, identificar puntos críticos y relacionar los valores con aspectos clave del funcionamiento ecosistémico.

Palabras Clave: Evaluación ecosistémica; suelo; diversidad.

RESUMO

A fruticultura apresenta atualmente o desafio de produzir alimentos de forma sustentável, cuidando da saúde dos consumidores e do meio ambiente e garantindo a prestação de serviços ecosistêmicos. Avaliar o desempenho do sistema pode ser difícil e caro. O Índice de Integridade de Ecossistemas (IIE) é uma ferramenta quali-quantitativa de fácil aplicação e útil para avaliação e gestão de sistemas. O objetivo do trabalho foi gerar informações para a validação do uso do IIE na fruticultura através de sua aplicação em macieiras. Os resultados mostraram coerência entre os valores do IIE e as observações de campo. O IIE é uma ferramenta com bom potencial para avaliar o desempenho de sistemas, identificar pontos críticos e relacionar valores com aspectos-chave do funcionamento dos ecossistemas.

Palavras Chave: Avaliação de ecossistemas; chão; diversidade.

ABSTRACT

Fruit growing currently presents the challenge of producing food in a sustainable manner, taking care of the health of consumers and the environment and ensuring the provision of ecosystem services. Assessing system performance can be difficult and expensive. The Ecosystem Integrity Index (IIE) is a qualitative-quantitative tool that is easy to apply and useful for evaluating and managing systems. The objective of the work was to generate information for the validation of the use of the IIE in fruit growing through its application in apple trees. The results showed coherence between the IIE values and the field observations.

¹ Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Sistema Vegetal Intensivo, Estación Experimental Wilson Ferreira Aldunate, INIA Las Brujas, Ruta 48, km 10, 90200, Canelones, Uruguay, ggarciaianza@inia.org.uy

² Departamento de Sistemas Ambientales - Facultad de Agronomía UdelaR, glinari@fagro.edu.uy

The IIE is a tool with good potential to evaluate the performance of systems, identify critical points and relate values to key aspects of ecosystem functioning.

Keywords: Ecosystem evaluation; soil; diversity.

INTRODUCCIÓN

En Uruguay, la fruticultura constituye un importante acervo de conocimiento específico (Carámbula Pareja, 2015). Es una actividad productiva compuesta principalmente por especies perennes, de ciclos largos, lo que promueve el arraigo y permanencia de la población rural. Además, genera procesos de soberanía alimentaria y contribuye al acceso a derechos y la sustentabilidad de los territorios.

Según el modelo de producción predominante en la fruticultura uruguaya muchas de las prácticas que se realizan con el objetivo de simplificar el manejo reducen la biodiversidad, exponen el suelo a la erosión y comprometen los servicios ecosistémicos. Sin embargo, la demanda de alimentos sanos y producidos de forma amigable con el ambiente hace que un número cada vez mayor de productores frutícolas realicen esfuerzos por adecuar sus prácticas hacia manejos más sustentables y que promuevan servicios ecosistémicos más allá de la provisión de alimentos, como la polinización, la regulación de plagas y enemigos naturales, ciclado de nutrientes, conservación de suelos o la mitigación del cambio climático.

En este contexto es relevante valorar los efectos de los distintos manejos del monte frutal en el ecosistema y su evolución en el tiempo. El diagnóstico y evaluación del estado del ecosistema puede resultar complejo, ya que muchas veces requiere de mediciones a campo y análisis de laboratorio realizados por personas expertas y a costos relativamente elevados, lo que puede dificultar que sean apropiados y aplicados por productores y técnicos de campo. Desde el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) Blumetto et al. (2019) desarrollaron el Índice de Integridad Ecosistémica (IIE) como una herramienta de evaluación rápida, económica y de fácil aplicación.

El IIE integra diferentes dimensiones bajo un sistema cuali-cuantitativo y puede ser utilizado tanto para la evaluación como la gestión; permite comparar diferentes situaciones y su evolución en el tiempo, identificar la influencia de cada componente evaluado y analizar los aspectos a mejorar.

El IIE evalúa cuatro dimensiones clave en el funcionamiento de los ecosistemas:

1. estructura de la vegetación;
2. especies vegetales que componen la comunidad;
3. estado del suelo en función de las evidencias y el potencial de erosión;
4. estado de los cursos de agua (arroyos, cañadas) y la zona ribereña.

Cada dimensión se califica en forma independiente y luego se promedia en un valor único en una escala de 0 a 5, siendo 5 el mejor estado posible para un sitio determinado.

La toma de datos sigue un protocolo simple que registra el estado de cada dimensión evaluada según una pauta definida y no requiere un conocimiento específico. Los datos se ingresan en una planilla de cálculo que devuelve el valor del IIE total y por componente. Se puede aplicar a diferentes unidades de manejo dentro de un mismo predio (potreros, chacras, cuadros) y para el cálculo del IIE predial se considera el valor de cada unidad de manejo ponderado por el porcentaje de su superficie respecto al total.

La herramienta fue diseñada originalmente para evaluar el estado de sistemas ganaderos de base pastoril y su validación mostró buena correlación con otras variables ambientales, como la diversidad de vida silvestre y el contenido de materia orgánica del suelo. La fruticultura presenta características de diseño y manejo que la distinguen de los sistemas ganaderos para los que fue validado el IIE. Los sistemas frutícolas se componen casi en su totalidad de vegetación sustituida, con una alta proporción de especies leñosas perennes seleccionadas para la producción de fruta, en general con muy baja proporción de especies nativas y acompañantes y baja diversidad funcional asociada.

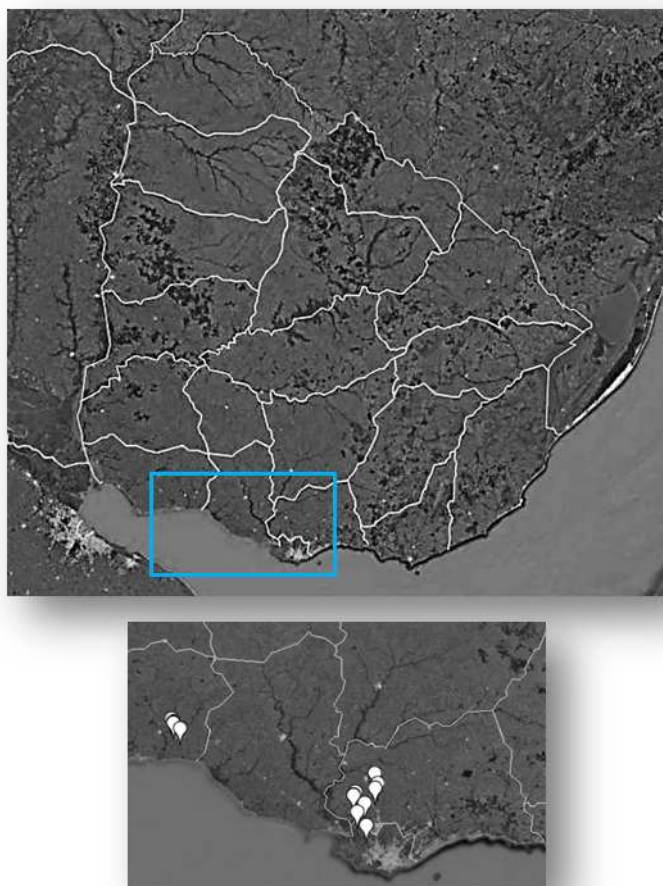
Estas diferencias generan la necesidad de realizar una validación del IIE para los sistemas frutícolas, en el entendido que es una herramienta que permite evaluar aspectos como la estabilidad y resiliencia, identificar puntos críticos de manejo y/o diseñar estrategias de gestión en forma conjunta con técnicos y productores.

El objetivo del trabajo fue generar información para la validación del uso del IIE en fruticultura a través de su aplicación en cuadros de manzano y la interpretación de sus resultados.

Metodología

El trabajo se desarrolló en 14 predios frutícolas ubicados en los departamentos de Montevideo, Canelones y San José con al menos un cuadro cultivado de manzano (Figura 1).

Figura 1. Área de estudio y ubicación de los sitios de aplicación del IIE.



Fuente: Autoras (2023)

Para definir los predios se realizó un intercambio con técnicos asesores, donde se presentó el índice y se discutió su potencialidad y posibles alcances. El único requisito para la selección de predios fue que cultivaran al menos un cuadro de manzano. Los técnicos trasladaron la información a los productores, quienes definieron su interés en participar de la propuesta.

El IIE se aplicó en 17 cuadros de manzano en los que se relevaron tres componentes según el protocolo original (Blumetto *et al.*, 2019):

1. estructura de la vegetación: se consideró la presencia y patrón de distribución de los diferentes estratos (herbáceo, arbustivo y arbóreo) en el cuadro y las cortinas, y la extensión y patrón de distribución de la quema por herbicidas;
2. especies vegetales que componen la comunidad: se consideró la diversidad de la comunidad (medida como riqueza y abundancia) para los diferentes estratos y la presencia de especies exóticas invasoras;

3. estado del suelo en función de las evidencias y el potencial de erosión: se consideró la proporción de suelo desnudo, grado de erosión actual y factores predisponentes.

Por tratarse de un estudio exploratorio y como forma de reducir posibles sesgos en esta etapa de ajuste del IIE predial previa a la validación, se tomaron algunas definiciones estratégicas: solo se consideraron cuadros de manzano, sin tener en cuenta cultivos, edad de las plantas o formas de conducción ni otros cultivos presentes en el predio; todas las superficies de los cuadros se consideraron igual a 1; no se tuvo en cuenta la presencia de zonas riparias.

El trabajo de campo se llevó adelante durante la primavera de 2021. El relevamiento de la información se realizó cubriendo áreas representativas de cada cuadro, previa observación del manejo del suelo. En cada cuadro se realizó un mínimo de cinco mediciones en entrefilas alternadas, cubriendo los extremos y medio de cada una.

Para evaluar los componentes del IIE se utilizaron cuadros de 1 metro x 1 metro arrojados al azar en los que se registró la presencia y cobertura de los estratos presentes, la proporción de suelo desnudo, evidencias de quema de vegetación y la presencia y distribución de especies invasoras. Las evidencias de erosión y factores predisponentes se registraron según observación de las entrefilas y cabeceras del cuadro de manzano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del IIE total y por componente para los 17 cuadros de manzano evaluados se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Índice de Integridad Ecosistémica (IIE) total y por componente para cuadros de manzano en la primavera 2021.

Cuadro	IIE total	Estructura	Especies	Suelo
AS-c	1.9	2.6	1.1	2.2
AS-o	3.0	3.1	1.3	4.8
CB	2.2	2.4	1.9	2.4
CRS	1.9	2.4	1.1	2.3
GM-c1	2.2	2.1	1.9	2.6
GM-c16	2.6	2.4	2.0	3.3
GP	2.5	2.5	1.9	3.2
GS	3.1	3.2	2.1	3.9
HN	2.1	2.8	1.9	1.6
INIA-c	2.6	2.8	1.4	3.5

INIA-o	3.4	3.7	1.9	4.6
JR	1.6	1.8	1.0	2.0
LAP	1.8	2.3	1.0	2.3
M	2.8	2.9	1.0	4.5
PD	3.0	3.1	1.8	4.3
WL	2.4	2.1	1.1	4.0

Fuente: Autoras (2023)

El IIE se ubicó entre 1.6 y 3.4, con un promedio de 2.5 (figura 2). Los valores son superiores a lo esperado para este tipo de sistema y son consistentes con las observaciones a campo; valores superiores a 3.0 corresponden a cuadros con buena presencia de estratos herbáceos bajo y medio como cobertura del suelo en entrefilas, que en principio parecen ser los componentes que más afectan el IIE.

Figura 2. Índice de Integridad Ecosistémica (IIE) para cuadros de manzano en la primavera 2021.



Fuente: Autoras (2023)

El cuadro INIA-o tuvo el mayor valor de IIE (3.4) y de los componentes estructura (3.7) y suelo (4.6). En la figura 3 se puede observar la presencia de los diferentes estratos, el grado de cobertura del suelo y la baja presencia de erosión y factores predisponentes.

Figura 3. Cuadro de manzano INIA-o, primavera 2021. IIE = 3.4.



Fuente: Autoras (2023)

La figura 4 muestra la representación gráfica de los valores de cada componente del IIE para los cuadros evaluados. La comparación con el IIE total permite identificar para cada cuadro cual es el componente más comprometido. El menor IIE se registró en el cuadro JR, con el valor más bajo en los componentes estructura y suelo. Respecto a la estructura se registró casi exclusivamente el estrato arbóreo correspondiente a las plantas de manzano y las cortinas de casuarinas (*Casuarina cunninghamiana* L.), casi nula presencia de estratos herbáceos y elevada proporción de suelo desnudo por aplicación de herbicida total (en fila y entrefila).

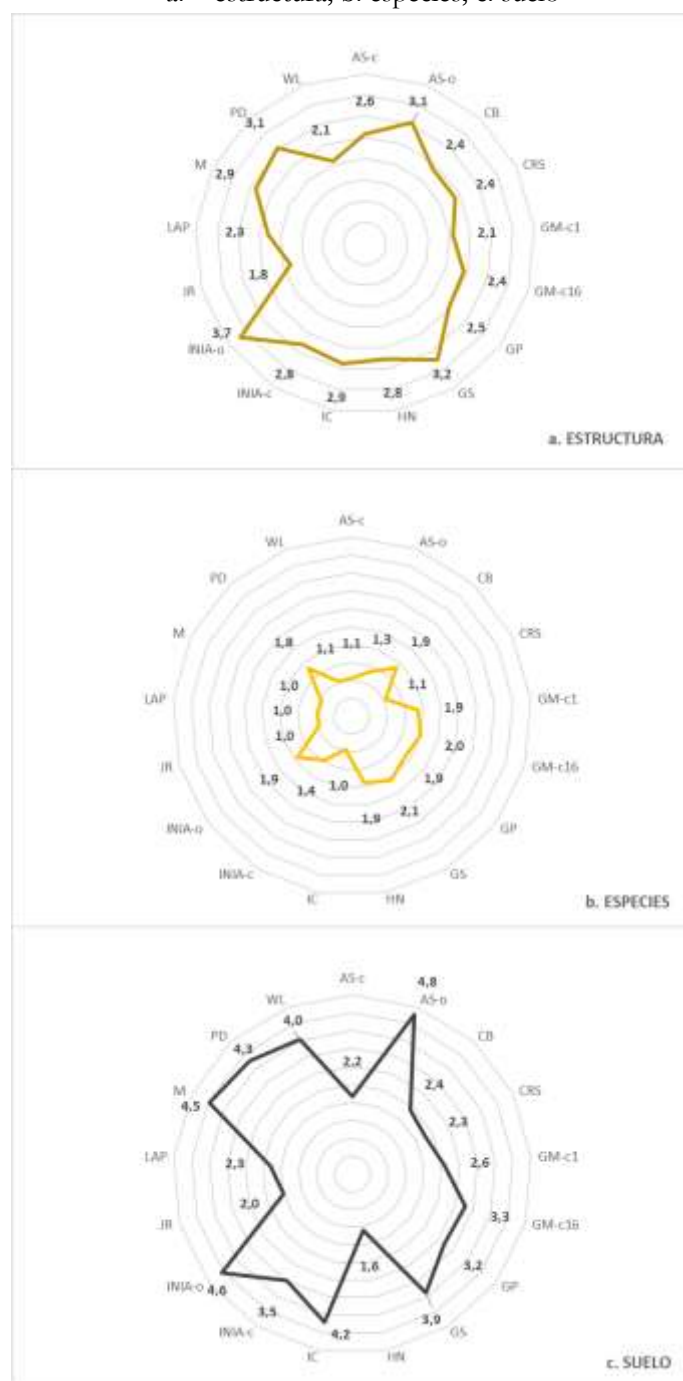
Los valores para la estructura de la vegetación (gráfica a) fueron similares en todos los cuadros y se explican por la presencia del estrato herbáceo bajo y medio fundamentalmente acompañando a las plantas de manzano. En líneas generales el manejo de la vegetación espontánea se caracteriza por la aplicación de herbicida en la fila, en una franja más o menos ancha debajo de los árboles, y mantener la entrefila empastada (figura 5).

El valor del componente especies resultó similar entre cuadros y fue el más alejado de la situación óptima; se puede interpretar que se encuentra dentro de lo esperado para este tipo de

sistemas, con cuadros homogéneos en cuanto a especies en cultivo, cortinas y vegetación espontánea (figura 6). La especie invasora que apareció con mayor frecuencia, en 13 de los 17 cuadros, fue la gramilla (*Cynodon dactylon* L.(Pers)), especie de difícil control y presente en la mayoría de los sistemas vegetales intensivos en el país.

Figura 4. Componentes del Índice de Integridad Ecosistémica (IIE) para cuadros de manzano en la primavera 2021.

a. estructura; b. especies; c. suelo



Fuente: Autoras (2023)

Figura 5. Estructura típica de los cuadros de manzano evaluados en la primavera 2021.



Fuente: Autoras (2023)

Figura 6. Composición de especies típica de los cuadros de manzano evaluados en la primavera 2021.



Fuente: Autoras (2023)

Con respecto al componente suelo, los menores valores se corresponden con una alta proporción de suelo desnudo en las entrefilas, que se asocia con el grado de erosión presente o

potencial en el cuadro (figura 7). Como factores de riesgo se destaca la presencia de huellas de vehículos, sobre todo en las cabeceras de los cuadros (figura 8).

Figura 7. Suelo desnudo (primavera 2021).



Fuente: Autoras (2023)

Figura 8. Huellas de vehículo (primavera 2021).



Fuente: Autoras (2023)

Las pérdidas de suelo, en cantidad y calidad, y las consecuencias sobre la productividad, estabilidad y resiliencia de los sistemas frutícolas justifican los manejos conservacionistas,

manteniendo la cobertura en la entrefila con vegetación espontánea o mediante la siembra de especies anuales y adecuando las prácticas a la situación concreta de cada cuadro.

CONSIDERACIONES FINALES

Los resultados preliminares muestran que el IIE tiene potencialidad para la evaluación de sistemas frutícolas. Su aplicación en cuadros de manzano reflejó con coherencia las observaciones a campo; se detectaron diferencias entre cuadros y se pudo identificar para cada uno cuál es el componente más comprometido.

Es necesario plantear estrategias de muestreo y recolección de datos que puedan capturar los cambios en los cuadros a lo largo del año debido a los manejos propios de la fruticultura, sobre todo el manejo del suelo en fila y entrefila.

Ampliar la aplicación del IIE a nivel de predio permitirá evaluar la trayectoria de un sistema a lo largo del tiempo, comparar distintos sistemas, identificar los puntos críticos y correlacionar los valores con indicadores clave del funcionamiento ecosistémico como carbono en suelo, macrofauna edáfica, polinizadores o enemigos naturales.

REFERENCIAS

BLUMETTO, O; CASTAGNA, A; CARDOZO, G; GARCÍA, F; TISCORNIA, G.; RUGGIA, A; SCARLATO, S; ALBICETTE, M; AGUERRE, V; ALBIN, A. Ecosystem Integrity Index, an innovative environmental evaluation tool for agricultural production systems. **Ecological Indicators**. v. 101. p. 725-733, 2019.

CARÁMBULA PAREJA, M. Imágenes del campo uruguayo en-clave de metamorfosis. Cuando las bases estructurales se terminan quebrando. **Revista de Ciencias Sociales, DS-FCS**. v.28, n.36. p. 17-36. 2015.

Recebido em: 31 de agosto de 2023
Aceito em: 15 de setembro de 2023