

**Para Citar:** Leyva, Á. and Lores, A., 2018. Assessing agroecosystem sustainability in Cuba: A new agrobiodiversity index. *Elem Sci Anth*, 6(1), p.80.

DOI: <http://doi.org/10.1525/elementa.336>

## **Un Nuevo Índice de Agrobiodiversidad (IDA) para evaluar la sostenibilidad de los agroecosistemas en Cuba.**

Ángel Leyva<sup>1</sup> y Abady Lores<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Cuba

<sup>2</sup>Centro Universitario de Guantánamo (CUG), Cuba

### **Resumen**

La principal limitante del desarrollo agrario sostenible en Cuba ha sido la carencia de una equilibrada agrobiodiversidad en los agroecosistemas, consecuencia de la política agraria tradicional sustentada en el monocultivo de la caña de azúcar y conducida bajo los principios de la agricultura moderna durante los últimos 50 años. El resultado que se expone en este trabajo tuvo como objetivo crear un nuevo Índice de Agrobiodiversidad (IDA), herramienta que identifica el grado de cercanía o distanciamiento de la sostenibilidad de los agroecosistemas basados en el indicador de agrobiodiversidad. El texto recoge las investigaciones realizadas para la identificación de los componentes del índice, su elaboración y evaluación de su eficiencia. También se incluye una experiencia práctica de medición en agroecosistemas del movimiento de la agricultura urbana en Cuba. Nuestro análisis sugiere que el Índice de Agrobiodiversidad propuesto es una propuesta valiosa, cuyo principal éxito está en que su conducción requiere de escasos recursos materiales y humanos, y la información necesaria para su determinación surge del trabajo de los propios agricultores locales cuyos resultados pueden servir de estímulo para incrementar la agrobiodiversidad en sus agroecosistemas.

**Palabras clave:** evaluación de agroecosistemas, Índice de Agrobiodiversidad, valores utilitarios de las especies

### **1. Introducción**

La agrobiodiversidad vegetal es asumida dentro de la agroecología como la diversidad funcional y asociada al agroecosistema para suplir necesidades humanas y otras funciones propias del equilibrio natural del planeta (Vásquez et al., 2011). Por tanto, ella constituye según FAO (2007) un indicador fundamental del desarrollo agrario sostenible y representa la base de la alimentación humana, de los animales y restantes formas de vida no vegetal. La magnitud de su presencia en los agroecosistemas determina sobre la cantidad y diversidad de alimentos en los mercados locales (Leyva et al., 2000).

Evaluar la eficiencia de la agrobiodiversidad en los agroecosistemas desde las tres dimensiones de la sostenibilidad (económica, ecológica y social) resulta, sin embargo, engorroso por la cantidad y diversidad de recursos humanos especializados y materiales diversos que se requieren. La evaluación conllevaría el análisis de una alta diversidad de indicadores, con los diferentes procesos e interacciones que ocurren entre los subsistemas de cultivos dentro del agroecosistema (González, 2016). Esas razones explican la existencia de varias metodologías dirigidas a este objetivo.

Altieri y Nicholls (2012), Zuluaga et al. (2013), y Rogé y Astier (2013) han valorado la agrobiodiversidad desde diferentes perspectivas y han hecho énfasis en su capacidad de adaptación al cambio climático. Autores, como Funes-Monzote et al. (2013), la han valorado a partir de su eficiencia energética, mientras que Astier et al. (2012) y Dellepiane y Sarandón (2008) la consideran como un atributo de la sostenibilidad. Otras funciones de la agrobiodiversidad identificadas están relacionadas con la estructura de los agroecosistemas (León, 2010) y con su eficiencia para el diseño y manejo de la complejidad de los arreglos espaciales, estructurales y temporales (Vásquez et al., 2011; Vásquez, 2013).

No obstante, no existen propuestas que consideren la agrobiodiversidad por sus valores utilitarios y su funcionalidad en relación con las necesidades de los que la utilizan. Con estos antecedentes se inició la investigación que tuvo como objetivo diseñar una herramienta que identificara, por agroecosistema, los déficits de la diversidad funcional y asociada de las especies que cumplen funciones a favor de las diferentes formas de vida, con énfasis en los humanos, los animales y el recurso natural suelo.

## **2. Materiales y Métodos**

La investigación fue conducida entre los años 1996 y 2016 en tres fases. Las fases tuvieron los siguientes propósitos: *(i)* evaluación de la agrobiodiversidad de un municipio y de su aporte al consumo de alimentos para la población, *(ii)* creación del Índice de Agrobiodiversidad (IDA) y comprobación de su eficiencia, y *(iii)* comprobación de la posible similitud del IDA frente a la propuesta metodológica para evaluar la sostenibilidad de los agroecosistemas promovida por el movimiento de la Agricultura Urbana (AU) y Sub Urbana (ASU) en Cuba (GNAUSF, 2016)<sup>1</sup>. A continuación, se describen las tres fases en detalle.

### ***(i)* Evaluación de la agrobiodiversidad de un municipio y de su aporte al consumo de alimentos para la población**

Se escogió el municipio Jaruco de la actual provincia de Mayabeque para la evaluación de la agrobiodiversidad. Al inicio de la investigación Jaruco poseía una población de 30 mil habitantes con el 70% localizado en asentamientos urbanos. La cercanía a la capital (40 km al este de La Habana) facilitó el acceso del equipo de investigación. En la localidad de Jaruco predominan los suelos productivos del grupo de los ferralíticos rojos y amarillentos (Hernández et al., 2015). Las condiciones climáticas permiten cultivar la tierra todo el año si se cuenta con riego, dado que el 80% de las precipitaciones promedios anuales (1400 mm) ocurre entre mayo y octubre (Lecha et al., 1994).

Primeramente, se realizó un diagnóstico rural rápido participativo (Schorhuth y Kievelitz, 1994) con el objetivo de conocer la agrobiodiversidad presente en los agroecosistemas e identificar los agricultores que estaban limitando la presencia de alimentos variados en los mercados. Para ello se elaboró un cuestionario con la participación de actores claves del municipio (Leyva et al., 1995). La información obtenida en el diagnóstico provino de una muestra de 344 actores entre agricultores, facilitadores y decisores directamente vinculados a la producción vegetal. Estos actores representaban más del 10% del personal involucrado de

---

<sup>1</sup>La Agricultura Urbana en Cuba se define como la producción de alimentos dentro del perímetro urbano y suburbano (hasta 5 km de la periferia de la ciudad). Es un movimiento de productores organizados que cuenta con más de 30 programas dirigidos a producir alimentos bajo principios agroecológicos. El movimiento promueve la aplicación de prácticas intensivas, teniendo en cuenta la interrelación hombre – cultivos – animales - medio ambiente y las facilidades de la infraestructura urbanística que propician la estabilidad de la fuerza de trabajo y la producción diversificada de cultivos y animales durante todo el año, basada en manejos sostenibles que permitan el reciclaje de los desechos. El Grupo Nacional de Agricultura Urbana y Familiar tiene reglamentos propios (GNAUF, 2015).

forma directa en el proceso productivo e incluyó todas las formas organizativas<sup>2</sup> del sector agrario municipal. El inventario alcanzó al 20% de los diferentes agroecosistemas. Adicionalmente se revisó la información escrita sobre la agricultura del municipio y se obtuvo información precedente a través del historiador municipal. Asimismo, se cuantificó la superficie disponible para incrementar la producción de alimentos en espacio y tiempo en correspondencia con las necesidades de la población.

Una vez obtenida la información, se procedió a su procesamiento. Algunos datos de carácter cualitativo fueron estandarizados, ponderados participativamente y llevados a una escala de valores del 1 al 10. Los resultados fueron finalmente procesados a través de la estadística no paramétrica y la investigación culminó con una propuesta para el autoabastecimiento local<sup>3</sup> (Leyva, 2003).

## **(ii) Creación del índice de Agrobiodiversidad (IDA)**

En el año 2004 se inició una nueva investigación en la localidad “Zaragoza” perteneciente al municipio San José de Las Lajas (capital de la provincia Mayabeque). Esta localidad, con una población de unos seis mil habitantes, linda con el sureste del municipio Jaruco, con el cual comparte la misma cultura agraria. Esta vez la investigación estuvo dirigida a conocer la agrobiodiversidad de la localidad con la intención de encontrar un método fácil para evaluar la sostenibilidad de los agroecosistemas en función de sus valores utilitarios.

Se realizaron entrevistas sobre la agricultura y su funcionamiento en el territorio a agricultores (muestra cercana al 12% del total), y a personal al servicio de la agricultura local. La investigación se encauzó hacia dos objetivos específicos: (a) la creación del índice IDA y (b) el análisis de la similitud del IDA con el Índice General de Sostenibilidad (IGS)<sup>4</sup>. La creación del índice IDA se llevó a cabo a través de la evaluación espacial y temporal de la agrobiodiversidad agrícola por agroecosistema, en función de sus valores utilitarios, los

---

<sup>2</sup>La agricultura cubana cuenta con 5 organizaciones fundamentales que llevan a cabo las labores productivas: las Cooperativas de Crédito y Servicios (CCS), las Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA), las Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC), las granjas estatales, y las granjas pequeñas de campesinos independientes no cooperativizados (Nova y Figueroa, 2018).

<sup>3</sup>El autoabastecimiento local se refiere según la política estatal a la producción de las proteínas y los carbohidratos necesarios para la población comunitaria por cada localidad.

<sup>4</sup>El IGS es un Índice General de Sostenibilidad propuesto por Zinck *et al.* (2006), es una herramienta que analiza indicadores construidos durante la investigación e incluyen las tres dimensiones de la sostenibilidad (economía, ecología y sociedad) de un agroecosistema o localidad, para definir cuán cerca o distante se está de la sostenibilidad.

rendimientos y su relación con las necesidades de la población. Los resultados del análisis de la similitud del IDA con el Índice General de Sostenibilidad (IGS) (Zinck et al., 2006), cuya medición se logra a través del uso de indicadores de sostenibilidad (Masera et al., 1999; Sepúlveda et al., 2002; Sarandón et al., 2006), no fueron incluidos en este trabajo por limitaciones de espacio. No obstante, fueron publicados en la tesis doctoral de Lores (2009) y presentados en el Simposio Internacional de Agricultura Sostenible SOMAS en México (Lores et al., 2010).

### **(iii) Similitud del IDA con la metodología de la dirección de la Agricultura Urbana (AU) y Sub Urbana (ASU)**

Una vez lograda la creación y evaluación de la eficiencia del índice, se inició la tercera fase en el año 2013. Esta fase comenzó con un trabajo de recopilación de información acerca de los agroecosistemas considerados excelentes por la dirección de la AU y la ASU según la metodología que utiliza esta organización a escala nacional (GNAUSF, 2015). Se seleccionaron al azar 26 agroecosistemas de excelencia en cinco provincias del país. El objetivo fue conocer el rol de la agrobiodiversidad en la sostenibilidad los agroecosistemas seleccionados y evaluarlos a través del IDA. Se asumió que los agroecosistemas excelentes deberían poseer un valor de IDA entre 0.8 - 1.0.

## **3. Resultados y Discusión**

### **(i) Resultados de la evaluación de la Agrobiodiversidad del municipio Jaruco y de su aporte al consumo de alimentos para la población.**

Los resultados del diagnóstico mostraron que en el municipio Jaruco predominaba el monocultivo de la caña de azúcar. El mismo constituía un soporte económico importante para el país, pero sin repercusión positiva directa para la población del territorio (Tabla 1).

Tabla 1. Composición organizacional de la agricultura municipal de Jaruco en el año 1996.

Componentes	Superficie (ha)	Porcentaje
Superficie total	27 570	100.0
<b>Superficie agrícola</b>	<b>21 235</b>	<b>77. 0</b>
Superficie no agrícola	6 335	23.0
Caña de azúcar	9 512	34.5

Ganadería	5 097	18.5
Bosques	3 120	11.3
Frutales	2 705	9.8
Viandas y granos (autoabastecimiento)	842	3.0
Pastos	139	0.5

Fuente: Información obtenida en la Oficina Municipal de Estadística de Jaruco.

La abundancia de superficie para la ganadería vacuna y ganado menor (Tabla 1), formaba parte de una estrategia de desarrollo nacional. No obstante, esta distribución tenía un beneficio limitado para la calidad de vida territorial, aunque con algunos beneficios para los trabajadores directos del sector. Por el otro lado, solo un 3% de la superficie del municipio estaba dedicada a viandas y granos. Esto mostraba la carencia de una estrategia equilibrada que garantizara los principales alimentos del autoabastecimiento local.

Los frutales, casi 10% de la superficie total, no constituían una fuente de ingresos importante para los campesinos por la ausencia de un sistema de comercialización estructurado. La producción de frutales, por tanto, se destinaba mayoritariamente a la alimentación familiar. Su presencia en los agroecosistemas está vinculada a la tradición campesina, a saber, poseer un nicho ecológico cerca de la vivienda para garantizar frutas frescas y diversas<sup>5</sup>.

El porcentaje de bosques representaba solo el 53.8% de la media del país que para esa fecha alcanzaba la cifra del 21% a escala nacional (Alonso, 2001). El cultivo de la papa, segundo renglón agrícola de importancia en el municipio no estaba dirigido al consumo, sino a la producción de semilla (agámica) que brindaba cobertura a intereses nacionales, pero que no tributaba a las necesidades municipales.

No se registraron acciones dirigidas a la producción de peces de agua dulce y producción de miel a escala de los agroecosistemas, existiendo déficit de esos alimentos a escala familiar. También era escasa la producción de huevo y carne de cerdo, principales fuentes de proteínas de origen animal de la población cubana. La producción de leche en el municipio solo garantizaba la alimentación de los niños.

---

<sup>5</sup> Según opinión del historiador municipal de Jaruco, y señalado por Vega (1998).

Las especies que son utilizadas en el mejoramiento de las propiedades del suelo (como los abonos verdes) estaban ausentes. Las especies de granos como el maíz y la soya, que se utilizan para la alimentación de animales como las aves y los cerdos, eran escasas. Se priorizaba, sin embargo la producción de pastos naturales para la ganadería, algo que resultaba novedoso dentro de la agroecología, siempre que estuvo acompañado de especies leguminosas para una mejor relación Carbono-Nitrógeno (C:N) en la composición alimentaria de sostenimiento (Leyva y Pohlen, 2005).

La agrobiodiversidad total identificada ascendía a 136 especies vegetales (Tabla 2), de las cuales solo 41 se utilizaban para la alimentación. Específicamente, el mayor interés de los agricultores del municipio Jaruco se centraba en 39 especies: 24 frutales, 5 especies proveedoras de carbohidratos, 6 de hortalizas (de ellas 4 utilizadas como condimentos), 3 proveedoras de proteínas y una oleaginosa suministradora de grasas. Sin embargo, la agrobiodiversidad alimentaria humana por escenario productivo fluctuó entre 15 y 26 especies, con una mínima de 8 y una máxima de 31. También se identificaron 15 especies del reino animal, de ellas 11 con posibilidades para el consumo humano.

**Tabla 2. Grupos de especies de plantas registradas en agroecosistemas de Jaruco (1996-2000)**

<b>Grupos de especies de plantas</b>	<b>Total de especies registradas</b>
Frutales	28
Ornamentales	31
Flores de corte	24
Hortalizas	11
Pastos y Arvenses	10
Maderables	08
Raíces, tubérculos*	05
Granos básicos	02
Leguminosas	01
Oleaginosas	01
Sedativas, melíferas, medicinales, cercas vivas y otras	15
<b>Total</b>	<b>136</b>

\*Se asigna ese nombre a las especies que se reproducen por semilla asexual, y producen sus frutos alimenticios para los humanos debajo del suelo, como la papa (*S. tuberosus* L) y camote (*Ipomea batata* L.). Estas especies representan a las suministradoras de carbohidratos.

El indicador hortalizas se incrementó rápidamente por los aportes del movimiento de la agricultura urbana (Rodríguez, 2010) y los programas divulgativos dirigidos a esos fines. No obstante, los pobladores rurales mantuvieron un consumo limitado por falta de hábitos. El avance ocurrido en el consumo de hortalizas en las ciudades no ocurrió de igual manera en las zonas rurales. La población rural no modificó sustancialmente sus hábitos alimenticios, con abierto rechazo al consumo de hortalizas, siguiendo su tradición alimentaria.

Estos resultados mostraban que los agroecosistemas no respondían totalmente a un sistema de producción diversificado. Era evidente la ausencia de especies importantes dentro de la agrobiodiversidad necesarias para el autoabastecimiento según los requerimientos nutricionales diarios internacionalmente aconsejados (Sasson, 1993).

La evaluación en el campo de la diversidad existente por agroecosistema indicó que existían diferencias entre los meses del año. El mes más diversificado fue noviembre, mientras los menos diversificados fueron agosto y febrero donde la demanda local alcanzaba en promedio un 87% de insatisfacción (Leyva et al., 2000). Las causas del desbalance temporal para los meses menos diversos pudieran estar relacionadas con la carencia de sistemas de regadío en los tres meses que preceden febrero (período de escasas precipitaciones) y el exceso de lluvia en los tres meses que anteceden al mes de agosto (período lluvioso). Esto a su vez puede originarse por desajustes en los programas de siembra y recolección, por escasez de recursos, o por desaprovechamiento del uso de sistemas productivos secuenciales oportunos. Se pudo constatar la ausencia de sistemas rotacionales eficientes según lo señalado por Puentes et al. (1982).

Todos los agroecosistemas evaluados mostraron una diversidad similar, aunque con diferencias en cuanto al nivel de prioridad que los agricultores asignaban a sus siembras. La diversidad que priorizaban los agricultores locales por iniciativa propia en sus agroecosistemas se muestra en la Tabla 3.

La diversidad de los agroecosistemas individuales alcanzó en promedio un total de 26 especies. La yuca, (*Manihot esculenta* L.) el maíz, (*Zea mays* L.), los frijoles (*Phaseolus vulgaris* L.) y el aguacate (*Persea americana* L.) resultaron ser las especies más utilizadas por



todos los productores entrevistados. Estas especies representan las calorías (yuca y maíz), las proteínas (los frijoles), y los minerales, vitaminas y grasas (aguacate).

Tabla 3. Especies priorizadas por los agricultores de Jaruco (1996-2000)

Nombre Científico	Nombre común	% de agricultores que lo cultivaban en el momento del estudio	% de agricultores que lo cultivaban regularmente
<i>Manihot esculenta</i>	Yuca	87.5	100
<i>Zea mays</i>	Maíz	83.3	100
<i>Phaseolus vulgaris</i>	Frijoles	61.5	100
<i>Persea americana</i>	Aguacate	66.6	100
<i>Citrus aurantium</i>	Naranja agria	10.8	90
<i>Mangifera indica</i>	Mango	61.5	90
<i>Cocus nucifera</i>	Coco	33.3	90
<i>Psidium guajaba</i>	Guayaba	33.3	90
<i>Ipomoea batata</i>	Boniato	54.1	90
<i>Citrus sinensis</i> y <i>C. aurantium</i>	Limón y Naranja Agria	33.3	80
<i>Solanum Lycopersicum</i>	Tomate	45.8	80
<i>Musa spp</i>	Plátano	61.6	80
<i>Coffea sp</i>	Café	10.8	80
<i>Colocasia esculenta</i>	Malanga	15.0	70
<i>Acras sapote</i>	Zapote	20.0	20
<i>Carica papaya</i>	Fruta bomba	12.6	20
<i>Capsicum spp</i>	Ají cachucha	19.0	60
<i>Annona Cherimola</i>	Chirimoya	33.3	40
<i>Oryza sativa</i>	Arroz	11.1	35
<i>Chrysophyllum caimito</i>	Caimito	20.0	20
<i>Theobroma cacao</i>	Cacao	20.0	20
<i>Cucurbita pepo</i>	Calabaza	10.8	20
<i>Citrus grandis</i>	Toronja	10.0	10
<i>Tamarindus indica</i>	Tamarindo	10.0	10
<i>Manilkara zapota</i>	Mamey colorado	10.0	10

Fuente: Leyva et al. (2000)

Nota: La tabla solo incluye las especies priorizadas por al menos el 10 % de los agricultores.

Aunque los agricultores desconocían estos criterios de alimentación, las especies dominantes por orden de prioridad en los agroecosistemas se corresponden con las necesidades alimentarias humanas atendiendo a los indicadores energéticos y proteicos. Sin ser conscientes de ello, la herencia alimentaria campesina actuaba positivamente en este sentido. Sin embargo, aunque ya desde la década del 50 del siglo XX se contaba con informaciones muy precisas sobre los componentes alimenticios de los cultivos (Merrill y Watt, 1955), este conocimiento no se tenía en cuenta en la estrategia productiva a escala de territorio.

De las diferentes formas organizativas de la agricultura las Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS) eran los de mayor diversidad en sus agroecosistemas (Tabla 4). Esos agricultores mantuvieron una agricultura tradicional y por tanto recibieron con menor fuerza los impactos negativos de las carencias de insumos externos<sup>6</sup>, dando muestras de su mayor capacidad de resiliencia (Funes-Aguilar, 2016).

**Tabla 4. Diversidad promedio de especies por agroecosistema según tipo de cooperativa en el municipio Jaruco (1996 y 1998)**

Forma organizacional del Agroecosistema	CCS*	CPA**	UBPC***
Total de especies (diversidad funcional)	81	74	52
Especies interés para la alimentación humana	41	34	24

Fuente: Leyva et al. (2000)

\* Cooperativas de Crédito y Servicios

\*\* Cooperativas de Producción Agropecuaria

\*\*\* Unidades Básicas de Producción Cooperativa

En las tres formas organizativas de la agricultura representadas en la Tabla 4 se cumple que cerca del 50% de las especies funcionales son de interés para la alimentación humana. Las UBPC fueron duplicadas por las CCS en el número de especies y estas fluctuaron entre 24 y 41. Estas cifras son aún bajas según se ha explicado. Ante esta situación se elaboró una propuesta de introducción de nuevas especies. De esos resultados surgió la propuesta MEDEBIVE<sup>7</sup>, cuyo contenido se recoge en el informe final de proyecto CITMA, publicado por Leyva (2003). Estos resultados sentaron las bases para la creación del Índice de Agrobiodiversidad (IDA).

La capacitación realizada durante el proceso investigativo hizo un aporte significativo al conocimiento de los valores utilitarios de la biodiversidad en su relación con los requerimientos nutricionales de los humanos entre los agricultores de la localidad. Sin embargo, aun cuando hubo resultados positivos en el aprendizaje, no se produjeron los

<sup>6</sup>Las CCS estaban conformadas por aquellos agricultores que no se integraron a las granjas estatales o demás formas cooperativas promovidas por el Estado y que mantenían una gestión privada de la tierra y la producción. En los años anteriores a la crisis, cuando el país contaba con los insumos provenientes del campo socialista, el Estado dio un trato preferencial a las empresas estatales y las CPAs en la distribución de insumos. El sector privado (CCSs y campesinos no cooperativizados) produjeron con limitados recursos (Deere et al., 1992)

<sup>7</sup>La Metodología para el Desarrollo de la Biodiversidad Vegetal (MEDEBIVE) se fundamenta en la introducción de especies que suplan las necesidades humanas, de los animales entre otras especies dentro del agroecosistema y del recurso natural suelo. También se promovía la incorporación de alternativas agroecológicas eficientes y la capacitación a los Agricultores, decisores y facilitadores locales y la participación local en las decisiones.

cambios esperados de actitud y aptitud entre los agricultores. La ausencia de decisores en las actividades de capacitación pudo haber influido en los lentos cambios que experimentaron los agroecosistemas. Tales resultados coinciden con los obtenidos por Vallejo (2017), al realizar una investigación retrospectiva acerca del impacto de la capacitación en la introducción de resultados científicos en la práctica productiva.

## **(ii) Creación del Índice de Agrobiodiversidad (IDA)**

El IDA es una herramienta que informa a través de un valor numérico el valor de la agrobiodiversidad necesaria para una comunidad. El cálculo se realiza a partir de la determinación de la agrobiodiversidad existente respecto a la que se necesitaría poseer según intereses y necesidades de la comunidad (para sus habitantes, sus animales, sus recursos naturales y restantes formas de vida). El IDA se sustenta en los principios matemáticos conocidos señalados por Dietrich (1983) al calcular el Índice Equivalente del uso de la Tierra (IET)<sup>8</sup> y del Índice General de Sostenibilidad (IGS) propuesto por Zinck et al. (2006).

El IDA incorpora elementos determinantes no incluidos en ningún otro índice, a saber: los valores alimentarios nutricionales para los humanos, para los animales, para las restantes formas de vida (consumidores) y para la protección del recurso suelo. Además, considera la protección medioambiental, la resiliencia, la captura de carbono, el cambio climático y su rol sociocultural, apoyado en el papel educativo del conocimiento de los valores alimenticios de las plantas y su función espiritual.

El IDA representa a los grupos alimentarios formadores, energéticos y reguladores y su nivel de satisfacción local en diversidad y cantidad. La determinación de la satisfacción local depende de los criterios que emanan del trabajo colectivo en actividades participativas que logran establecer los valores deseados, respecto a los valores reales determinados.

Si el valor del IDA encontrado está por debajo de 0,6 se considera insostenible; es débilmente sostenible si el índice alcanza un valor entre 0.61 y 0.7; es sostenible si el valor fluctúa entre

---

<sup>8</sup>El Índice Equivalente del uso de la Tierra se obtiene mediante la sumatoria de los valores resultantes de dividir la producción en policultivo entre la producción obtenida en monocultivo de cada uno de los cultivos que intervienen en el sistema. Para poder calcularlo es necesario contar con los monocultivos correspondientes a cada uno de los cultivos que participan en el sistema policultural. Cuando el valor de la relación es superior a la unidad indica eficiencia del policultivo (Dietrich, 1983).

0,71 y 0.8; y fuertemente sostenible si ese valor sobrepasa la cifra de 0.81. Un agroecosistema con valor 1.0 (muy difícil de lograr) será el valor óptimo de diversidad para un sistema local o territorial que tenga como propósito alcanzar un desarrollo agrario sostenible sobre bases agroecológicas.

Los estudios comparativos de Lores (2009) sobre los valores de la agrobiodiversidad a través del IDA y del IGS arrojaron que los resultados no son significativamente diferentes. Este resultado estimuló la posibilidad de implementar esta nueva propuesta, cuyo principal objetivo ha sido facilitar la evaluación de la sostenibilidad de los agroecosistemas con un indicador funcional, eficiente y robusto.

Para un entendimiento de los principios que determinan el IDA, se asumen los cuatro subíndices de biodiversidad: IFER (para la alimentación humana), IFE (para la alimentación animal), IAVA (para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos) e ICOM (biodiversidad complementaria) como atributos del índice (Tabla 5). Cada uno de los subíndices tiene que estar representado por especies relacionadas con los componentes alimenticios de cada grupo. La robustez de cada subíndice radica en la diversidad y dominancia de las especies según sus funciones en la alimentación y restantes funciones entre los componentes de la diversidad.

**Tabla 5. Propuesta de especies por funciones para elaborar el Índice de Agrobiodiversidad (IDA).**

<b>Sub-índices</b>	<b>No.</b>	<b>Especies y funciones</b>
<b>Subíndice FER</b> Biodiversidad para alimentación humana	I	Formadoras de origen vegetal (leguminosas)
	II	Formadoras de origen animal (leche, carne, huevo y pescado)
	III	Energéticas (raíces, tubérculos y cereales)
	IV	Energéticas (oleaginosas)
	V	Reguladoras (hortalizas y vegetales)
	VI	Reguladoras (frutales anuales y perennes)
<b>Subíndice FE</b> Biodiversidad para alimentación animal	VII	Formadoras para animales (leguminosas, arbóreas y rastreras)
	VIII	Energéticas para animales (pastos, forrajes y cereales)
<b>Subíndice AVA</b> Biodiversidad para mejorar los suelos	IX	Abonos verdes, residuos de cosechas, abonos orgánicos Arvenses inertes, cobertura vivas de protección del suelo
	X	Especies que participan en la producción de biofertilizantes
<b>Subíndice COM</b>	XI	Medicinales, estimulantes y condimentos

Biodiversidad complementaria y asociadas, de utilidad no alimenticia	XII	Flores, plantas ornamentales y alimentarias de aves silvestres
	XIII	Maderables, uso doméstico, energéticas
	XIV	Otros usos: especies con valores espirituales, usos religiosos, industriales y para la artesanía
	XV	Cambio climático (plantas para cortinas rompe viento) repelentes y atrayentes, cercas vivas, melíferas, entre otros.

Fue  
nte:

Leyva y Lores (2012).

Como el IDA es igual a la suma de los subíndices IFER, IFE, IAVA e ICOM dividido entre el número de subíndice (cuatro), se está admitiendo que los valores de cada subíndice asumen la misma importancia. Esta consideración intenta romper la tradición generalizada entre decisores y agricultores, que sólo los humanos requieren atención para una correcta alimentación minimizándose la importancia de una apropiada nutrición en las restantes formas de vida, incluyendo las arvenses en su rol equilibrador de los agroecosistemas (Blanco-Valdés, 2016). Un agroecosistema estructurado sobre bases agroecológicas implicaría poseer todos los componentes alimenticios y estaría más cerca de la sostenibilidad si incluye además especies sedativas como las plantas medicinales, ornamentales y flores. Esta propuesta, además, está en correspondencia con los principios que se propugnan en la concepción de soberanía alimentaria de la Vía Campesina (La Vía Campesina, 2003).

### **(ii.a) Descripción del Índice de Agrobiodiversidad (IDA) para su aplicación**

La integración del análisis de los diferentes grupos y componentes de la biodiversidad agrícola, dio como resultado elaborar un índice de diversidad para los agroecosistemas que se

expresa a través de la función matemática: 
$$IDA = \frac{\sum_i^{S_t} Vi}{S_t (Vi. \max)} \quad (1)$$

donde  $Vi$ : Valor de importancia de cada componente;  $Vi$  máx.: Valor de importancia máxima de cada componente en la escala de valores y  $S$ : número total de componentes.

Como se expresó anteriormente, la biodiversidad de utilidad práctica está dividida en cuatro grupos y estos a su vez, están constituidos por un número específico de componentes de la biodiversidad. A partir de esta distribución, se estableció un Índice Específico para cada Grupo (IEG), el cual analiza de forma individual cada grupo, teniendo en cuenta sus principales funciones dentro del agroecosistema.

Entonces, en cada grupo, el  $IEG = \frac{\sum_i^{S_e} (Vi)}{S_e (Vi \max)}$  (2)

de esta forma, el IDA representa la integración de los diferentes IEG:

$$IDA = \frac{\sum_i^n S_e (IEG)}{S_i} \quad (3)$$

Es decir:  $IDA = \frac{S_1 IFER + S_2 IFE + S_3 IAVA + S_4 ICOM}{S_i}$  donde: *IFER* es el subíndice de

biodiversidad para la alimentación humana; *IFE* es el subíndice de biodiversidad para la alimentación animal; *IAVA* es el subíndice de biodiversidad para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos; *ICOM* es el subíndice de biodiversidad complementaria; *S<sub>i</sub>*: es el número de componentes de cada grupo de la biodiversidad agrícola.

Como las fórmulas (1) y (2) asumen que los componentes de la biodiversidad agrícola tienen la misma importancia, el cálculo del IDA a partir de (2), permite hacer un análisis independiente en cada grupo y conocer dentro del índice, qué grupo(s) de la diversidad tiene(n) deficiencia(s), por tanto, se adoptó la fórmula (3) para el cálculo del IDA, es decir:

$$IDA = \frac{\sum_i^n S_e (IEG)}{S_i}$$

grupo, (Lores, 2009); luego la fórmula quedaría:  $IDA = \frac{S_1 IFER + S_2 IFE + S_3 IAVA + S_4 ICOM}{S_i}$

La ventaja de este índice es que los valores deseados de cada especie resultan del análisis participativo y del consenso de los agricultores y facilitadores participantes en el análisis. La desventaja, es que no siempre los evaluadores son capaces de registrar la total diversidad existente en el agroecosistema con una funcionalidad definida. Por tanto, los participantes en los registros (agricultores y facilitadores) deben ser capacitados y entrenados para hacer registros lo más exacto posibles. Tras la determinación del IDA, el índice se somete a la consideración de los agricultores involucrados.

### **(ii.b) Aplicación del IDA en la comunidad “Zaragoza”**

Aunque el total de especies encontradas durante la investigación a escala municipal alcanzó la cifra de 161 especies (11 más que en el municipio Jaruco), el valor óptimo para la localidad debe ser definido en actividades participativas. Aun cuando la disponibilidad de frutales es

alta (28 especies) la disponibilidad de especies para todo el país asciende a 165 (Rodríguez y Sánchez, 2002). Faltaría analizar si las disponibilidades son suficientes atendiendo a sus aportes a la alimentación y hábitos de consumo local.

Del total de especies alimenticias de plantas registradas en los agroecosistemas de la comunidad Zaragoza, 65 de ellas son consideradas alimentos humanos. Los frutales con 28 especies dominaron sobre el resto con el 14% de la superficie cultivada (Tabla 6).

Tabla 6. Especies y por ciento de superficie ocupada por especie en agroecosistemas de la localidad de Zaragoza (2004- 2006).

Grupos de especies	Número de especies por años			Superficie ocupada en 2006 (%)
	2004	2005	2006	
Energéticos (raíces y tubérculos)	6	6	6	32.0
Formadores (frijol) energético (maíz)	5	10	10	29.0
Complementarias (condimentos y estimulantes)	11	11	11	17.0
Reguladores frutales	28	29	30	14.0
Reguladores hortalizas	13	15	16	6.0
Energéticos (oleaginosas)	2	4	4	2.0
Total de especies	65	75	77	100.0

Fuente: Lores (2009)

La poca superficie dedicada a oleaginosas y leguminosas contrasta con la alta diversidad de especies alimenticias con posibilidades de ser introducidas en los agroecosistemas del país. Esto constituye un problema cultural, pues solo el frijol negro tiene una demanda real histórica, al ser consumido diariamente. El maíz, por otra parte, aunque su principal aporte es en carbohidratos, se incluye en las estadísticas como granos. El cultivo de oleaginosas se ve afectado por la carencia de la tecnología de manejo y cosecha necesaria. No obstante, la producción local de oleaginosas para su posible procesamiento artesanal no ha sido debidamente estimulada localmente, lo que obliga a su importación.

Tres años después y con las ofertas de diversidad ofrecidas en talleres participativos, se incrementó en 18 el número de especies en la localidad en estudio. No obstante, el 75% del incremento correspondió a las relacionadas con la alimentación humana (Tabla7), indicando así la real prioridad de los agricultores. Esta diversidad registrada es similar a las determinadas en otros agroecosistemas cubanos (Wezel y Bender, 2002; Castiñeiras, 2006).

En todos los casos se adolece del necesario equilibrio de las especies según las necesidades reales de la comunidad.

Tabla 7. Evolución de la diversidad de especies en agroecosistemas de la comunidad de Zaragoza, 2004 - 2006.

Grupos de especies	Especies identificadas por años			Incremento total del número de especies en el período
	2004	2005	2006	
Alimentación humana	65	75	77	12
Alimentación animal	3	4	5	2
Alimentación del suelo	0	2	2	2
Especies complementarias en uso	25	25	27	2
Árboles, arbustos y arvenses	58	58	58	0
<b>Total de especies</b>	<b>93</b>	<b>106</b>	<b>111</b>	<b>18</b>

Fuente: Lores (2009)

Sin embargo, haber logrado que se incorporaran dos nuevas especies para la protección del suelo, y otras dos para la alimentación animal constituye una señal favorable hacia el equilibrio y para la sostenibilidad agroecológica de la localidad. Con anterioridad no se habían hecho acciones de introducción, lo que constituyó un aporte propicio para que los agricultores pensarán en la importancia de las nuevas especies para el bienestar familiar y local.

Después del periodo investigativo 2004-2006, la diversidad de especies en la localidad de Zaragoza se incrementó a través de programas de apoyo a la agricultura local en Cuba con financiamiento de agencias donantes internacionales. Este es el caso del Programa de Innovación Agropecuario Local (PIAL) para el incremento de la agrobiodiversidad, coordinado por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (Guevara et al., 2011). Lamentablemente, este programa no incorpora los rigores de la propuesta IDA.

### **(ii. c) Resultados de la aplicación del IDA en la comunidad Zaragoza**

Al utilizar el IDA en 15 agroecosistemas escogidos al azar, se pudo constatar la existencia inicial de una biodiversidad alimentaria local que ya era aceptable, todo lo cual favorecía el subíndice FER. En esto también tuvo que ver la influencia de proyectos gubernamentales



precedentes dirigidos a fortalecer la alimentación humana local. En contraste, la restante diversidad era pobre (Tabla 8 y 9).

Tabla 8. Valores de los subíndices del Índice de Agrobiodiversidad (IDA) en 15 agroecosistemas de la comunidad Zaragoza, 2004.

Subíndices de IDA	Agroecosistemas*														
	MPi	LP	LD	JM	RH	ESC	AU	RG	MPe	FM	JA	EH	RC	AF	JR
IFER**	0.30	0.30	0.39	0.70	0.69	0.69	0.68	0.69	0.58	0.50	0.58	0.68	0.59	0.50	0.60
IFE***	0.20	0.33	0.33	0.50	0.33	0.50	0.17	0.50	0.17	0.17	0.33	0	0	0.33	0.50
IAVA****	0.17	0	0.33	0.33	0.33	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.33	0.33	0.17	0.33	0.33
ICOM*****	0.08	0	0.08	0.50	0.42	0.08	0.42	0.42	0.33	0.25	0.25	0.25	0.33	0.33	0.33

Fuente: Lores (2009)

\* Los agroecosistemas son identificados con siglas que corresponden a los nombres de los agricultores entrevistados

\*\* IFER: subíndice de biodiversidad para la alimentación humana

\*\*\* IFE: subíndice de biodiversidad para la alimentación animal

\*\*\*\* IAVA: subíndice de biodiversidad para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos;

\*\*\*\*\* ICOM: subíndice de biodiversidad complementaria

Tabla 9. Valores de los subíndices del Índice de Agrobiodiversidad (IDA) en 15 agroecosistemas de la comunidad Zaragoza, 2006.

Subíndices de IDA	Agroecosistemas*														
	MPi	LP	LD	JM	RH	ESC	AU	RG	MPe	FM	JA	EH	RC	AF	JR
IFER**	0.33	0.33	0.39	1.00	1.00	0.78	0.72	0.72	0.56	0.61	0.50	0.61	0.61	0.56	0.67
IFE***	0.20	0.33	0.50	0.67	0.50	0.50	0.33	0.50	0.17	0.17	0.33	0	0	0.67	0.67
IAVA****	0.17	0	0.33	0.67	0.50	0.17	0.17	0.33	0.17	0.17	0.33	0.33	0.17	0.33	0.50
ICOM*****	0.08	0	0.17	0.58	0.50	0.08	0.42	0.42	0.33	0.25	0.25	0.33	0.52	0.33	0.50

Fuente: Lores (2009)

\* Los agroecosistemas son identificados con siglas que corresponden a los nombres de los agricultores entrevistados

\*\* IFER: subíndice de biodiversidad para la alimentación humana

\*\*\* IFE: subíndice de biodiversidad para la alimentación animal

\*\*\*\* IAVA: subíndice de biodiversidad para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos;

\*\*\*\*\* ICOM: subíndice de biodiversidad complementaria

En las Tablas 8 y 9 puede percibirse que la mayoría de los agroecosistemas incrementaron la diversidad en el periodo 2004-2006. Aun así, sólo las fincas identificadas como JM, RH y ESC alcanzaron valores de índices que pueden considerarse sostenibles, mientras JR está muy cerca de alcanzarlos. Por el contrario, algunos agroecosistemas permanecieron sin cambios, como el correspondiente al productor MPe. Otros, como JA, disminuyeron levemente su diversidad, por una escasa utilización del suelo en tiempo, aun cuando hayan incorporado nuevas especies al agroecosistema.

Estos resultados contribuyen al fortalecimiento de la filosofía productiva de los agricultores, basado en la disponibilidad de mercado, generación de ingresos y mejoría en la calidad de la alimentación local. Con las ofertas realizadas a los agricultores de una nueva diversidad, algunos elevaron la diversidad sobre todo del grupo IFER e IFE, pero insuficientes para considerarlos óptimo, debido al corto tiempo transcurrido durante la investigación (2004-2006).

Se pudo constatar un incremento apreciable del IFER, que llegó a valores de sostenibilidad en más del 60% de los agroecosistemas (JM, RH, ESC, AU, RG, FM, EH, RC, AF y JR). Sin embargo, la débil diversidad en los restantes subíndices (IFE, IAVA e ICOM) limitó una mayor sostenibilidad por bajos valores de IDA.

Los valores finales de IDA (Tabla 10) no brindaron cambios espectaculares, lo cual demuestra que el IDA es un indicador que posee rigor científico como indicador de evaluación del acercamiento a la sostenibilidad a través de la agrobiodiversidad. Se demostró la necesidad de estimular a los actores al mayor aprovechamiento espacial y temporal del recurso suelo con el uso de sistemas rotacionales y policulturales que favorezcan el incremento del indicador (IDA) y así lograr mayores éxitos en este empeño.

Tabla 10. Variaciones en el comportamiento del Índice de Agrobiodiversidad (IDA) de cada agroecosistema campesinos seleccionado en la comunidad de Zaragoza (2004 - 2006)

Agroecosistemas*	Valores de IDA 2004	Valores de IDA 2006	Variación del IDA (2004-2006)
MPI	0.19	0.20	0.01
LP	0.15	0.16	0.01
LD	0.28	0.35	0.07
<b>JM</b>	<b>0.44</b>	<b>0.63</b>	<b>0.19</b>
RH	0.44	0.62	0.18
ESC	0.36	0.60	0.24
AU	0.36	0.41	0.05
RG	0.42	0.49	0.07
MPe	0.31	0.31	0.00
FM	0.27	0.30	0.03
JA	0.37	0.35	-0.02
JR	<b>0.44</b>	<b>0.58</b>	<b>0.14</b>
EH	0.32	0.32	0.00
RC	0.27	0.33	0.06
<b>Total</b>	<b>0.31</b>	<b>0.37</b>	<b>0.06</b>

Fuente: Lores (2009)

\* Los agroecosistemas son identificados con siglas que corresponden a los nombres de los agricultores entrevistados.

Un análisis hecho sobre la relación de éxitos frente a la propuesta realizada al inicio de la investigación mostró que sólo un 26.6 % de los agricultores aprobaron con responsabilidad y entusiasmo la propuesta de introducir nuevas especies de plantas en sus predios (JM, ESC, RH, y JR), mientras un 53.2% lo hizo sin total convencimiento. El 20.2 % restante, no aceptó las nuevas propuestas y no modificaron su tradicional comportamiento poniendo en evidencia su resistencia al cambio, aún frente al evidente progreso de los actores más arriesgados. Los resultados finales estuvieron en correspondencia con los diferentes niveles de compromisos de los agricultores desde el inicio de la investigación.

**(iii) El Índice de Agrobiodiversidad (IDA) y su correspondencia con los agroecosistemas de la dirección de la Agricultura Urbana (AU) y Sub Urbana (ASU).**

Al evaluarse la diversidad de los agroecosistemas considerados de excelencia por el movimiento de la agricultura urbana, se comprobó que dichos escenarios no poseen sostenibilidad desde la perspectiva de la agrobiodiversidad (Tabla 11).

Tabla 11. Valores del Índice de Agrobiodiversidad y sus subíndices en agroecosistemas clasificados de excelentes por el movimiento de la Agricultura Urbana en cinco provincias de Cuba, 2014.

	Provincia				
	Santiago de Cuba	Guantánamo	Las Tunas	Cienfuegos	Mayabeque
IFER*	0.63	0.59	0.65	0.68	0.71
IFE**	0.57	0.49	0.66	0.56	0.56
IAVA***	0.58	0.39	0.50	0.40	0.48
ICOM****	0.58	0.60	0,53	0.53	0.69
<b>IDA</b>	<b>0.59</b>	<b>0.52</b>	<b>0,58</b>	<b>0.54</b>	<b>0.61</b>

\* IFER: subíndice de biodiversidad para la alimentación humana

\*\* IFE: subíndice de biodiversidad para la alimentación animal

\*\*\* IAVA: subíndice de biodiversidad para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos;

\*\*\*\* ICOM: subíndice de biodiversidad complementaria

Al aplicarse el IDA y evaluar el estado de los subíndices que determinan el IDA se apreció que los mejores resultados están directamente relacionados con la diversidad alimentaria. Aun cuando adolece de especies que tributan a grupos alimentarios de especies reguladoras y

oleaginosas, en términos de la alimentación el subíndice rebasa la cifra 0.7 en la provincia de Mayabeque. No se lograron, sin embargo, valores de IDA superior a 0.7 debido a la carencia de especies complementarias y escasez de proyecciones que propugnen el incremento de la diversidad.

La provincia de Mayabeque, representada por el municipio San José de Las Lajas, presentó los mejores valores de subíndices y de IDA. En ello ha influido la labor de estimulación realizada por el colectivo científicos cuyos centros de investigación se encuentran en esa provincia, donde se ha trabajado durante varios años con una alta agrobiodiversidad en sistemas rotacionales y policulturales (Leyva et al., 2016).

Aunque la diversidad existente en los diferentes escenarios productivos investigados suple en general las necesidades humanas, existen potencialmente mayores oportunidades para su enriquecimiento. La falta de una mayor agrobiodiversidad en los escenarios productivos está dada por la incompleta aplicación de una estrategia de agrobiodiversidad dentro de la política agraria nacional que permita la conducción y manejo espacial y temporal de los sistemas productivos en conformidad con un equilibrio en el autoabastecimiento local, y que se enfoque no sólo en la alimentación sino también en estimular la atracción de los polinizadores como la especie Chipilín (*Crotalaria pectavili* L.) según han señalado Marroquín *et al.* (2015) o como la Stevia (*Stevia rebaudiana* B.) muy solicitada como planta medicinal por los pobladores locales.

En los últimos cinco años se ha determinado la eficiencia del IDA para evaluar la sostenibilidad bajo condiciones de montaña (González, 2016). Los resultados obtenidos enriquecen el índice con dos nuevas funciones dentro del subíndice COM, a saber, la captura de carbono y conservación de la diversidad libre. Este resultado pone de manifiesto la flexibilidad del índice para incorporar o prescindir de cualquier elemento funcional que se ajuste o no al agroecosistema o a la localidad donde se lleve a cabo la evaluación respectivamente.

#### **4. Conclusiones**

Los resultados de esta investigación dieron cumplimiento al objetivo planteado de diseñar una herramienta basada en el indicador de agrobiodiversidad, denominado Índice IDA. Este

índice permitió identificar la agrobiodiversidad local por sus valores utilitarios y cuantificar los niveles de participación en el suministro de alimentos para los humanos, los animales y el recurso natural suelo. Además, identificó la agrobiodiversidad necesaria para las restantes formas de vida que es la base para el equilibrio de los agroecosistemas y la diversidad no alimenticia que sirve de complemento a la calidad de vida de los habitantes de las localidades.

El índice IDA por su fácil aplicación puede ser utilizado para evaluar cualquier agroecosistema local en Cuba, con la necesaria participación de sus actores, lo que garantiza el respeto a sus hábitos y costumbres. Se demostró que este índice posee niveles de eficiencia similares a los asumidos a escala nacional que cuentan con numerosos indicadores como el movimiento de la Agricultura Urbana y Sub-urbana.

Se constató la importancia de la capacitación para una orientación alimentaria más armónica con las necesidades corporales, sobre la base de la participación de los actores en la evaluación de la Agrobiodiversidad. Asimismo, se pudo comprobar la existencia de distintos niveles de disposición de los actores a asimilar e integrar las recomendaciones de los investigadores en sus agroecosistemas. No obstante, el estudio sostiene que los actores pueden transformar favorablemente sus agroecosistemas, e incrementar la agrobiodiversidad según sus valores utilitarios, si se aplica el índice IDA y se cuenta con una labor orientadora efectiva de los facilitadores.

## **Referencias**

Alonso, G. 2001. Entre todos podemos. Pres. Agencia de Medio Ambiente. *Periódico Trabajadores*. June 4 Issue.

Altieri, MA, Nicholls, CI. 2012. Agroecology scaling up for food sovereignty and resiliency, in *Sustainable agriculture reviews*. Netherlands: Springer.

Astier, M, García-Barrios, L, Galván-Miyoshi, Y, González-Esquivel, CE, Masera, OR. 2012. Assessing the sustainability of small farmer natural resource management systems. A

critical analysis of the MESMIS program (1995-2010). *Ecology and Society* 17(3): 25.  
<http://dx.doi.org/10.5751/ES-04910-170325>

Blanco-Valdés, Y. 2016. El rol de las arvenses como componente en la biodiversidad de los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales*, 37(4), 34-56.  
<https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.10964.19844>

Castiñeiras, L. 2006. Conservación in situ de la biodiversidad agrícola en huertos caseros de tres áreas rurales de Cuba, in García, M, Castiñeiras, L. eds. *Biodiversidad agrícola en las Reservas de la Biosfera de Cuba*. La Habana, Cuba: Ed. Academia: 5-10.

Deere, CD, Meurs, M, Pérez, N. 1992. Toward a Periodization of the Cuban Collectivization Process: Changing Incentives and Peasant Response. *Cuban Studies* Vol. 22 (Jan): 115-149.

Dellepiane, AV, Sarandón, S. 2008. Evaluación de la sustentabilidad en fincas orgánicas, en la zona hortícola La Plata, Argentina. *Revista Brasileira de Agroecología* 3(3): 67-78.

Dietrich, L. 1983. *Yuca en Cultivos Asociados: Manejo y Evaluación CIAT* (Centro Internacional de Agricultura Tropical). Cali, Colombia: CIAT.

FAO. 2007. Agricultura y Desarrollo Rural Sostenible (ADRS) y la Agrobiodiversidad Sumario de política 16. Disponible en  
<http://www.lamolina.edu.pe/postgrado/pmdas/cursos/diversidad/lecturas/apoyo/SARD-agri-biodiversity%20-%20spanish.pdf>. Citado Oct 18, 2018.

Funes-Aguilar, F. 2016 Actualidad de la Agroecología en Cuba, in Funes-Aguilar, F, Vázquez- Moreno, LL. eds. *Avances de la Agroecología en Cuba*. Sección A. Primera Ed. Matanzas, Cuba: Estación Experimental Indio Hatuey: 19-46.

Funes-Monzote, F, Marquez M, López Y. 2013. Innovación agroecológica, adaptación y mitigación del cambio climático en Cuba. Dos estudios de caso, in Nicholls CI, Ríos LA, Altieri MA eds. *Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático* Medellín, Colombia: Proyecto REDAGRES.

González, PY. 2016. Manejo funcional de un agroecosistema montañoso y su orientación prospectiva hacia la sostenibilidad. Rol de la Agrobiodiversidad [dissertation]. La Habana. Cuba: INCA, CUG, FAM.

GNAUSF (Grupo Nacional de Agricultura Urbana, Suburbana y Familiar). 2015. *Lineamientos de la Agricultura Urbana, Suburbana y Familiar para el año 2016*. Ministerio de la Agricultura. Ed. 21, INIFAT.

Guevara F, Ortiz, R, Ríos, H, Martín, L, Plana, D, Crespo, A, Barranco, LA, Salguero, Z, Cánova, I, Alemán, R, Proveyer, C. 2011. *Impactos en Cuba del Programa de Innovación Agropecuaria. Aprendizaje a Ciclo completo*. Santa Clara, Cuba: Editorial Feijóo.

Hernández, A, Pérez, J; Bosch, D, Castro, N. 2015. *Clasificación de los suelos de Cuba*. Mayabeque, Cuba: INCA.

Lecha, L, Paz, L, Lapaniel, B. 1994. *El clima de Cuba* La Habana, Cuba: Ed. Academia.

León, ST. 2010. Agroecología: desafíos de una ciencia ambiental, in León, T, Altieri MA, eds. *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones*. Colombia: Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología. Universidad Nacional de Colombia.

Leyva, A. 2003. MEDEBIVE a Methodology to Promote Agroecosystem Vegetable Biodiversity and ecological Technologies of production. Proceedings Red Científica Alemana Latinoamericana-RECALL Resource Utilization: Globalization and Local Structures. Universidad Autónoma de Nueva León, Monterrey, México.

Leyva, A, Alonso, A, Vega, J, Bertoli, M. 1995. *Elaboración de cuestionario para proyectos agroecológicos*. La Habana: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.

Leyva, A, Alonso, A, Vega, J. 2000. La Investigación participativa para el rescate, perfeccionamiento y aplicación de tecnologías apropiadas en la agricultura cubana. Informe Final de Proyecto No. 11. CITMA. Sección: Sociedad Cubana. Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.

Leyva, A, Pohlen, J. 2005. *Agroecología en el trópico: Ejemplos de Cuba. La biodiversidad vegetal, como conservarla y multiplicarla*. Aachen, Alemania: Ediciones Shaker verlag.

Leyva, A, Lores, A. 2012. Nuevos índices para evaluar la agrobiodiversidad. *Agroecología* 7(1): 109-115.

Leyva, A, Pérez, E, Casanova, A. 2016 Rotación y policultivos in Funes-Aguilar, F, Vázquez- Moreno, LL. eds. *Avances de la Agroecología en Cuba*. Sección A. Primera Ed. Matanzas, Cuba: Estación Experimental Indio Hatuey: 213-230.

Lores, PA. 2009. Propuesta metodológica para el desarrollo sostenible de agroecosistemas. Contribución al estudio de la agrobiodiversidad. Estudio de casos. Comunidad Zaragoza [dissertation]. La Habana, Cuba: INCA-CUG.

Lores, A, Leyva, A, Toledo, E. 2010. Estrategia Metodológica para el Desarrollo Agrario de Agroecosistemas en Comunidades Rurales. SOMAS. X Simposio y V Congreso de Agricultura Sostenible, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Mexico.

Marroquín, AFJ, Gehrke, VMR, Pohlen, JA, Lerma, MJN, Toledo, TE, Ley, CA. 2015. Association of Bushy Legumes with ‘Ataúlfo’ Mango (*Mangifera indica* L.) cv. Ataúlfo Affects Reproductive Biology and Enhances Productivity in Mango Plantations in Soconusco. Chiapas. México. *Indian Horticulture Journal* 5 (3-4): 63-69.

Masera, O, Astier, M, López-Riadura, S. 1999. *Sostenibilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS*. Mexico: Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Aplicada (GITRA).

Merrill, AL, Watt, BW, 1955. *Energy value of foods basic derivation*. U.S. Department of Agriculture, Handbook No. 74. USA: USDA.

Nova, A, Figueroa Alfonso, G. 2018 Recent Transformations in Cuban Agricultural Policy and Impacts on Markets and Production, forthcoming.



Puentes MC, León, P, Díaz, E, Ravelo, F, Chávez, T. 1982. *Manual de fitotecnia general*. MES. EIMAV. Mayabeque, Cuba: Instituto superior de ciencias agropecuarias de la Habana (ISCAH).

Rodríguez, A. 2010. Agricultores experimentadores en Agroecología y transmisión de la agricultura en Cuba, in Altieri, MA. ed. *Vertientes del pensamiento agroecológico. Fundamentos aplicaciones*. Medellín, Colombia: Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA).

Rodríguez AA., Sánchez P. 2002. *Especies de frutales Cultivadas en Cuba en la agricultura urbana*. 2da ed. La Habana: Agrinford-MINAG.

Rogé, P, Astier, M. 2013. Previniéndose para el cambio climático: una metodología participativa, in Nicholls, CI, Ríos, LA, Altieri, MA. eds. *Agroecología y resiliencia socio ecológica: adaptándose al cambio climático*. Proyecto Medellín, Colombia: REDAGRES.

Sarandón, JS, Zuluaga, SM, Cieza, R, Gómez, C, Janjetic, L, Negrete, E. 2006. Evaluación de la sostenibilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Revista de Agroecología* 1: 19-28.

Sasson, A. 1993. *La Alimentación del hombre del mañana*. Paris: UNESCO/Editorial REVERTE.

Schönhuth, M, Kievelitz, U. 1994. *Diagnóstico Rural Rápido Participativo. Métodos de Diagnóstico y Planificación en la Cooperación al Desarrollo*. Germany: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. GTZ. GMBH.

Sepúlveda, S, Cavaría, H, Castro, A, Rojas, P, Picado, E, Bolaños, D. 2002. *Metodología para estimar el nivel de Desarrollo Sostenible en Espacios Territoriales*. IICA.

Vallejo, ZY. 2017. La capacitación en las Cooperativas de Créditos y Servicios. Experiencia en el municipio Boyeros [dissertation]. Mayabeque, Cuba: Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Agronomía.

Vázquez, L. 2013. Diagnóstico de la complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad en sistemas de producción agropecuaria en transición hacia la sostenibilidad y la resiliencia. *Agroecología* 8(1): 33-42.

Vázquez, LL, Matienzo, Y, Griffon, D. 2011. Diagnóstico participativo de la biodiversidad en fincas en transición agroecológica. Simposio Agroecosistemas y biodiversidad: taxonomía y manejo, III Congreso Latinoamericano de Agroecología. Oaxtepec, Morelos, México.

Vega, J. 1998. Diversidad de cultivos agrícolas en los agroecosistemas campesinos dedicados a la caña de azúcar en el Municipio Jaruco [M.S. Thesis]. La Habana Cuba: UNAH.

Wezel, A, Bender, S. 2002. Plant species diversity of homegardens of Cuba and its significance for household food supply. *Agroforestry Systems* 57: 37–47.

Zinck, JA, Berroterán, JL, Farshad, A, Moameni, A, Wokabi, S, Van Ranst, E. 2006. La sostenibilidad agrícola: un análisis jerárquico. *Gaceta Ecológica* 76: 53-72.

Zuluaga, GP, Ruiz, AL, Martínez, EC. 2013. Percepciones sobre cambio climático y estrategias adaptativas de agricultores agroecológicos del municipio Marinilla, Colombia in Nicholls, CI, Ríos, LA, Altieri, MA. eds. *Agroecología y resiliencia socio ecológica: adaptándose al cambio climático*. Medellín, Colombia: Proyecto REDAGRES.

### **Concepción y diseño del artículo.**

La concepción y diseño del artículo corresponde únicamente a los autores Dr. Ángel Leyva Galán y Dr. Abady Lores Pérez de igual forma la revisión e interpretación de los datos; así como la redacción del artículo y revisión crítica de sus contenidos.

### **Reconocimientos**

Los autores desean agradecer la colaboración a los trabajadores de la agricultura de los municipios de Jaruco y San José de las Lajas, durante los años 1996-2016, por su colaboración en la conducción y desarrollo de esta investigación, así como a los Ms. Arodys Alonso, Ms. Joel Vega y Ms. Luis Beltrán. También a los Dr. Jorge Arzuaga (fallecido) y Dr.

Martín P. Bertolí Herrera y muy especialmente a los Ing. Zoilo A. Terán Vidal y Manuel Ponce Brito; todos, trabajadores del INCA.

Elementa quisiera agradecer a Katie Whiddon por la traducción de español al inglés.

### **Información sobre el financiamiento**

Los proyectos que dieron lugar a la realización de este artículo fueron financiados por el Estado cubano. El Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) financió el proyecto en la primera y Segunda etapa. La tercera etapa contó con el apoyo de la Dirección de la Agricultura Urbana en Cuba, dirigida por el Dr.C. Adolfo Rodríguez de la Nodal y bajo la responsabilidad directa del Ing. Antoliano Ramírez Medina, designado por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) para desarrollar esta actividad dentro del Movimiento de la Agricultura Urbana, al cual agradecemos su colaboración.

No existen conflictos de intereses, pues no participó ninguna organización adicional en el desarrollo de la Investigación.