

RELACIÓN DEL USO DEL SUELO, LAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS Y LA BIODIVERSIDAD CON LA EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN FINCAS AGROECOLÓGICAS

M.Sc. Erni Hermenegildo Álvarez González¹

Dr.C. Leónides Castellanos González²

Dr. C. Rafaela Soto Ortiz²

**1 Oficina del Conservador y el Valle de los Ingenios de Trinidad. Cuba. E-mail.
planmaestro@restauro.co.cu**

2 Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”. Cuba

INTRODUCCIÓN

Los problemas atmosféricos que afectan regionalmente en la actualidad son fundamentalmente, el resultado de la emisión de sustancias químicas contaminantes que traen como consecuencia el deterioro de la capa de ozono, la aparición en la zona baja de la troposfera del ozono superficial, el efecto invernadero y el cambio climático, entre otros. Las emisiones provocadas por las fuentes industriales y la agricultura son las principales causantes del incremento de las concentraciones de gases contaminantes (CIGEA, 2003)

En los últimos 5 años se ha evidenciado en Cuba un incremento de la contaminación por gases provenientes de focos móviles (transporte automotor), lo que unido al déficit de áreas verdes, ha elevado los niveles de contaminación de algunas sustancias en las ciudades (CIGEA, 2003).

La agricultura cubana se encuentra en una etapa de sustitución de insumos o de convención horizontal (producción con menos insumos agroquímicos, técnicas para la recuperación del suelo y el manejo integrado de plagas y enfermedades, basados en controles biológicos entre otros), con el objetivo de mejorar la dieta del montañés, mejorar el manejo y protección al medio natural, conservar y/o recuperar los suelos dañados, atenuar la erosión del suelo que se observa así como asegurar la alimentación de los animales (Socorro, 2004).

En Cuba ante la situación caracterizada por la carencia de insumos, las variaciones ambientales y socioeconómicas que se agudizó significativamente; emergió un grupo de iniciativas para transformar los sistemas productivos con una tendencia agroecológica. Los cambios sustanciales fueron dado en las concepciones de producir alimentos, se ha logrado pasar de una agricultura dependiente de altas dosis de agroquímicos y de monocultivo a una agricultura más diversificada y de bajos insumos energéticos Ríos *et al.*, (2006)

La posibilidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero mediante la actividad forestal y su potencial para aumentar el secuestro de carbono aumenta la importancia del sector forestal y su participación en las medidas orientadas a mitigar los efectos del cambio climático, según lo estipulado por el Protocolo de Kyoto (Makundi, 1998), pues la fijación de carbono mediante la actividad forestal está en función de la acumulación y el almacenamiento de biomasa, por lo que cualquier actividad práctica de ordenación que modifique la cuantía de la biomasa existente en una zona, influye en su capacidad de almacenar o fijar carbono (Moura, 2001).

Este trabajo permitirá dotar de criterios para un futuro análisis profundo sobre la vía más efectiva para reducir las emisiones de gases efectos invernadero proveniente del

sector de la agricultura. De ahí que tiene como **Objetivo general:** Evaluar la relación del uso de suelo, las prácticas agrícolas y la diversidad vegetal sobre la mitigación de la emisión de gases con efecto invernadero y la eficiencia energética en cinco fincas agroecológicas en condiciones diferentes de manejo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en cinco fincas del municipio de Trinidad, provincia Sancti Spíritus, las cuales se relacionan a continuación: la finca “**La Luna**”, la “**Providencia**”, pertenecen a la CCS Lucas Castellanos y se ubican en Topes de Collantes; la finca “**Limon**”, pertenece a la CCS fortalecida Rafael Saroza y está ubicada en el Consejo Popular Algarrobo, la finca “**Integral #2**”, pertenece a la CPA 13 de Marzo ubicada en La Paloma y la finca “*Integral Conrado Benítez*” (**Pitajones**), pertenece a la ESBEC. “*Conrado Benítez*”, y esta ubicada en Pitajones.

Las tres primeras fincas tienen como objeto social la producción agroforestal (cultivos varios, frutales, café y forestales) y las últimas dos se dedican a la producción de cultivos varios (viandas, hortalizas, granos y frutales).

-Caracterización del suelo y la vegetación existente en los agroecosistemas estudiados:

Según la clasificación genética de los suelos de Cuba, Instituto de Suelos (1989) las características de los suelos son las siguientes:

Topes de Collantes: El suelo predominante es Ferralítico Rojo lixiviado, relieve mayoritariamente montañoso con pendientes hasta de 45 %, la altura media oscila entre 665 y 750 msnm. La vegetación original es de bosque pluvial de montaña, compuesto por plantaciones de Pino (*Pinus caribaea* Morelet).

Algarrobo: El suelo predominante es pardo con carbonato, relieve fuertemente ondulado mayoritariamente con pendientes hasta 20 %, la altura media oscila entre 300 y 450 msnm. Existe una variada vegetación de árboles forestales y frutales, la especie de árbol predominante es el (Algarrobo de la India) que ha servido de regulador de sombra al cultivo del café (*Coffea arabica*).

La Paloma: El suelo predominante es pardo con carbonato y en menor proporción aluvial, la mayor parte del relieve es llano con pendientes muy bajas (0 a 3 grados). No existe una variada vegetación de árboles forestales y frutales.

Pitajones: El suelo predominante es aluvial con buenas propiedades agroproductivas, la mayor parte del relieve es un valle entre montaña, la altura media oscila entre 120 y 150 msnm.

A partir de un modelo de encuesta (Anexo 1) se recolectó información para realizar un diagnóstico de las prácticas agroecológicas desarrolladas por los productores, la biodiversidad vegetal, estimar el volumen de emisiones de gases de efecto invernadero anual y realizar el balance de energía.

Caracterización de las prácticas agroecológicas y la biodiversidad vegetal de las cinco fincas

Se realizó un levantamiento de todas las especies forestales existentes (plantaciones que forman el bosque como árboles aislados) determinando el tipo de especie y el número de individuos de cada una, así como también la edad promedio. El diagnóstico

de la biodiversidad vegetal de especies forestales y frutales sirvió para analizar los índices de biodiversidad que presenta cada finca. Se tomaron mediciones directas a los árboles, parte de estas herramientas de búsqueda de información están descritas por (Geifus, 1998).

La determinación de los indicadores de la biodiversidad de plantas se tuvo en cuenta las especies vegetales por grupo funcionales. Como indicadores de biodiversidad se evaluó: Riqueza específica, Diversidad, Dominancia y la Equidad. El procesamiento de los datos se efectuó mediante Excel del Programa Microsoft Office del Sistema Operativo Windows 2003.

Se realizó dos análisis de clasificación automática o de cluster para grupos jerárquicos para las fincas en estudio según las variables riqueza, diversidad vegetal y equitatividad; y otro para las variables de área cultivable, área con cultivos permanentes, área con forestales y prácticas agroecológicas. Para ello se utilizó el paquete SPSS para Windows versión 13 empleándose el método entre grupos con la distancia euclíadiana cuadrada.

Estimación del volumen de emisiones de gases de efecto invernadero anual desde las distintas fuentes en la finca en estudio.

La estimación del volumen de emisión de gases con efecto invernadero (GEI) anual, desde las distintas fuentes en las fincas en estudio se llevó a cabo por la metodología propuesta por IPCC (1997) y el software Módulo 4. XIS de Agricultura de este organismo. *Las formulas que se emplean para las estimaciones de los GEI aparecen en el software:*

Se realizó un análisis de cluster para grupos jerárquicos para las fincas en estudio según las variables de emisión gases metano, CO₂ y N₂O empleándose el método entre grupos con la distancia euclíadiana cuadrada. Para ello se utilizó el paquete SPSS para Windows versión 13.

Estimación de la retención de carbono en la biomasa, necromasa, suelo y total del área forestal de las fincas.

Para la estimación de los índices de retención de carbono se realizó las correspondientes mediciones de diámetro y altura a los individuos de todas las especies en cada área plantada. El balance de retención de carbono se calculó por las fórmulas establecidas por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, 1997), tal metodología propuesta fue adaptada a las condiciones de Cuba por Mergadet y Álvarez. (2007). La estimación más importantes se realiza de la forma siguiente: se calculó la retención del carbono total =CBMt + CNm + Csuelo.

Se realizó un análisis de clasificación automática o de cluster para grupos jerárquicos de las fincas en estudio según las variables retención de carbono en la biomasa, en el suelo, en la necromasa y carbono total empleándose el método entre grupos con la distancia euclíadiana cuadrada. Para ello se utilizó el paquete SPSS para Windows versión 13.

Análisis de los indicadores de balance de eficiencia energética para el año 2008 en las cinco finca en estudio.

El análisis de la eficiencia energética como un indicador de la productividad y sostenibilidad de los sistemas agrícolas se determinó por la diferencia entre los gastos en insumos y las producciones (Funes - Monzote, *et al.*, 2000).

El análisis del balance energético se realizó a los parámetros de entrada y salida de cada sistema agroforestal o agrícola se expresó en una misma unidad de medición. Para hacer los cálculos del balance de energía se utilizó el software Energía 2006, propuesto por Funes (2006) y CEDECO (2006).

Para lo antes expuesto fue necesario evaluar el número de especies y variedades de cultivos y animales de cada finca, el manejo de los residuales, así como el empleo de policultivos en cualquiera de sus manifestaciones. Se utilizó las fórmulas propuestas por Moreno (2001) para calcular dos de los índices de biodiversidad alfa (en cuanto a riqueza específica), ellos fueron el índice de Margalef (D_{Mg}) y el de Menhinick (D_{Mn}).

Se realizó un análisis de clasificación automática o de cluster para grupos jerárquicos de las fincas en estudio según las variables de insumos externos: fertilizantes, combustibles, insecticidas y herbicidas, así como la variable de eficiencia energética, factor energético, factor proteico y rendimiento agrícola, empleándose el método entre grupos con la distancia euclíadiana cuadrada. Para ello se utilizó el paquete SPSS para Windows versión 13.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de la biodiversidad vegetal y las prácticas agroecológicas de las cinco fincas

La finca integral #2 es la que mayor superficie total presenta 30.0 ha, esto se debe a que se encuentra ubicada en zonas llanas y dispone de grandes extensiones de tierra; por ende cuenta con la mayor superficie agrícola, 27.80 ha y es la tercera con mayor superficie no agrícola, (2.20 ha); todo lo contrario resulta la finca La Luna que es la de menor superficie total (13.42 ha), y que no ha sufrido cambio en el uso de suelo, éste se conserva con especies forestales y café como cultivo principal, es la segunda en menor superficie agrícola 12.21ha y en menor superficie no agrícola, 1.21 ha; respectivamente; la superficie no agrícola contempla el área de camino y la casa (Tabla 1).

Tabla. 1 Estructura del Fondo de Tierra en las fincas (ha)

Finca	La Luna	Providencia	Limones	Integral #2	Pitajones
Indicador	Cantidad (ha)	Cantidad (ha)	Cantidad (ha)	Cantidad (ha)	Cantidad (ha)
Superficie Total	13.42	24.00	14.30	30.00	26.00
Superficie Agrícola	12.21	20.28	11.61	27.80	25.00
Superficie Cultivada	2.71 (22.1%)	19.96 (83.2%)	7.16 (61.7%)	18.52 (66.6%)	3.00 (12.0%)
Superficie no Cultivada	9.5 (77.8%)	0.32 (12.9%)	4.45 (38.3%)	9.28 (33.4%)	22.00 (88.0%)
Superficie Agrícola	1.21	3.72	2.69	2.20	1.00

La finca Providencia es la de mayor superficie cultivada 19.96 ha y la de mayor porcentaje por superficie cultivada, 98% de esta superficie dedica 62.5% a la siembra en cultivo permanente como el café y 37.5% a los cultivos temporales como el boniato, malanga, yuca y plátano. La finca de menor superficie cultivada es La Luna con 2.71 ha, tiene 55.3% dedicado a cultivos permanentes, (bosques de pino y café) y el (44.6%) de cultivos temporales de ciclo corto, la calabaza, el boniato y el maíz y de

ciclo largo la yuca; pero esta finca no es la de menor porcentaje por superficie cultivada, este resultado lo tiene la finca de Pitajones con 12.0% de superficie cubierta. Esto se debe a que dedica (88.0%) de la superficie agrícola al pastoreo del ganado dejado solamente 8.0% a la siembra de cultivos permanentes, en lo que incluye un área reforestada con 26 especies forestal y dos áreas con frutales, aguacate y guayaba, teniendo solamente un 4.0% de superficie en cultivos temporales de ciclo largo (yuca) y de ciclo corto, como el maíz, tomate, fríjol y habichuela.

Caracterización de las prácticas agroecológicas

De forma general durante el diagnóstico se observó un elevado nivel de aplicación de las prácticas agroecológicas, pues solo el 20% de los sistemas de producción evaluados no adoptó al menos más del 50%, mientras que la mayoría explota niveles admisibles, destacándose que el 59,4% han adoptado más de 8 prácticas, como es el caso de las fincas Limones, Providencia y La Luna; (Tabla 2). Se puede apreciar además que en estos sistemas de producción requieren de la diversificación de plantas para lograr una sostenibilidad adecuada.

Tabla 2. Prácticas Agroecológicas que emplea el productor en finca agroforestales

Prácticas Agroecológicas que emplea el productor en su finca	Fincas				
	La Luna	Providencia	Limones	Integral #2	Pitajones
Rotación de cultivos (1), asociaciones (2), intercalamiento (3) y siembras de relevo (4).	1-3	1-3-4	1-2-3-4	1-3	
Aumento de la diversidad de especies vegetales (5) y razas animales (6)	5	5	5	5-6	
Fertilización orgánica (7), abonos verdes (8), incorporación de residuos (9)	7-8	7-8	7-8-9	7	7
Empleo de la tracción animal (10) y laboreo mínimo (11).	10	10	10	10-11	10
Manejo agroecológico de plagas (12)	12	12	12		
Reforestación (13)	13	13	13	13	13
Cercas vivas (14)	14	14	14		
Cobertura vivas (15) y muerta (16)		15	15-16		
Conservación de semillas (17) y alimentos (18)	17	17	17-18	17	17-18
Total de uso de Prácticas Agroecológicas	10	11	18	9	5

* - A cada práctica agroecológica se le asigna un número del 1 al 18

Se determinó que el nivel de apropiación de las prácticas es en el orden siguiente: Fertilización orgánica, Empleo de la tracción animal, Reforestación, Conservación de semillas, Rotación de cultivos, intercalamiento y el Aumento de la diversidad de especies vegetales.

Las fincas formaron dos grupos en cuanto a área cultivada, cultivos permanentes y forestales y el número de prácticas agroecológicas (Tabla1). En un grupo se ubicaron

Providencia y Pitajones y en el otro el resto de las fincas, separándose en un subgrupo solo La Providencia, la cual como se ha hecho referencia anteriormente presentaba un alto porcentaje de superficie cultivable de áreas forestales.

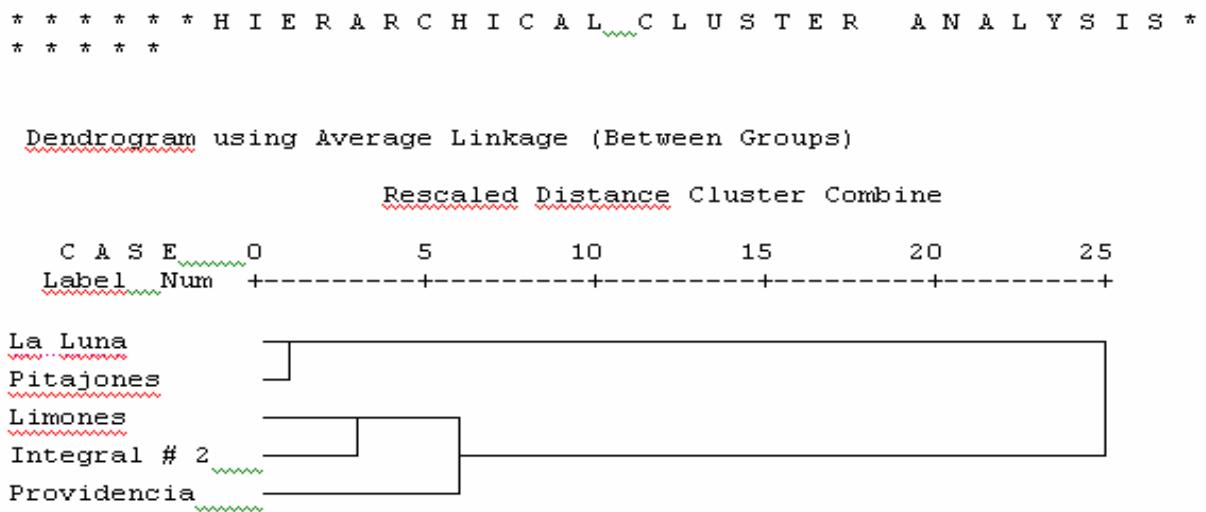


Figura 1. Dendrorama de agrupación para las variables área cultivada, áreas de cultivos permanentes y forestales y prácticas agroecológicas

Caracterización de la biodiversidad vegetal

Se observó que Limones presenta el mayor valor absoluto del índice de diversidad de especies vegetales 7,05. Este resultado se debe a que es la finca con mayor número de especies (84) y una de las de mayor número total de plantas (127793), solamente superada en este último aspecto por la finca Integral #2 que tiene (1832005) número de plantas, a pesar de que es la de menor diversidad de cultivo, esta solamente cuenta con dos plantaciones, las de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) y maíz (*Zea mays* L) abarcando el 30% de la superficie cultivada de un 43.4%.

En cuanto a los valores de diversidad obtenidos (1.36 y 2.69) en las fincas estudiadas coinciden con lo expresado por Báez, 2003, quién expresa que el valor de la misma generalmente varía entre 1.5 y 3.5 y que raramente pasa de 4.5 como sucedió en el caso de la finca de Limones donde el valor alcanzado de 7.05 sobrepaso los 4.5.

El indicador dominancia evidencia la representatividad de las especies con mayor valor de importancia, siendo el caso de la fincas Integral #2 que tiene el valor más alto (0,94), ocupa la posición más próxima a 1 evidenciando esto que se manifiesta un clara dominancia de una especie en específico, el frijol (*Phaseolus vulgaris*) que tiene el mayor grado de importancia. El resto de las fincas los valores ocupan una posición intermedia entre 0 y 1, lo cual evidencia que no se manifiesta clara dominancia de una especie en específico, existen cultivos con similar representatividad.

Análisis de la Biodiversidad por Grupos Funcionales

La evaluación de la diversidad por Grupos Funcionales, teniendo en cuenta la Riqueza (Figura 2), arroja como resultado, que existe una desproporción entre la fincas por Grupos seleccionados, notándose que el incremento es mayor en los grupos de especies que más aportan por su interés socioeconómico (cultivadas), ya que se trata de una Finca que requiere mantener niveles productivos para su autofinanciamiento.

Méndez y Bacon, (2005), expresan que el trabajo con los caficultores para tener plantaciones con objetivos de conservación requerirá que se modifiquen prácticas de manejo y que reconozcan y aprecien las especies de importancia para la conservación global.

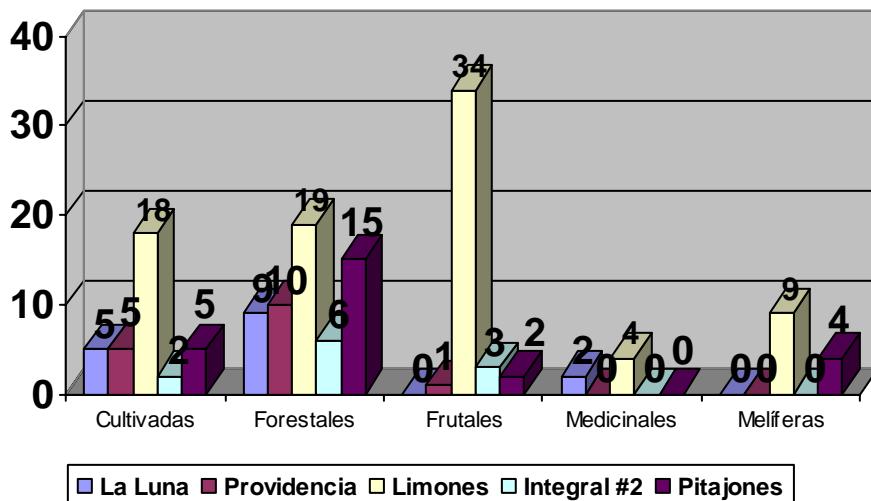


Figura 2. Riqueza de plantas por grupos funcionales

El análisis de clasificación automática formó dos grupos de fincas en cuanto a las variables de diversidad vegetal, número de especies y equitatividad, (Figura 3). La finca Limones se separó del resto lo cual se explica por el análisis realizado anteriormente cuando esta finca tuvo valores relativos de estos indicadores superiores al resto de las fincas, mientras que las otras lo presentaban similares.

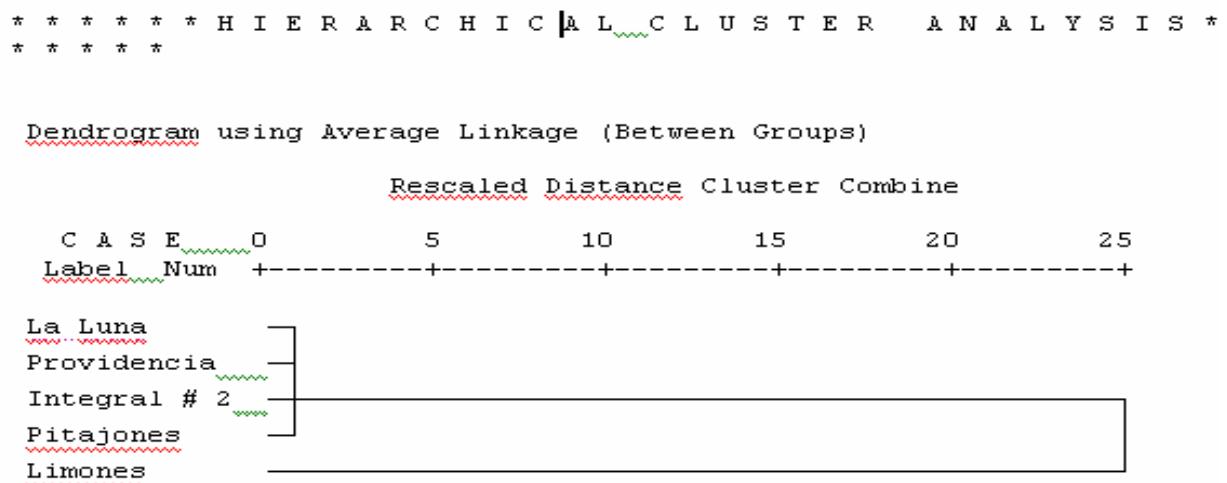


Figura 3. Dendrograma de agrupación para las variables de biodiversidad.

Estimación del volumen de emisiones de gases con efecto invernadero anual desde las distintas fuentes en las fincas en estudio

Al analizar las emisiones de gases de efecto invernadero (tabla 3) puede observarse que para el caso del CH₄ en las fincas La Luna y Providencia se alcanzaron niveles de 2.82 ton e/ha/año, estando el resto de las fincas por debajo de 1. Esto se explica por la existencia de cinco especies de animales, en la Providencia y La Luna.

Tabla. 3 Emisión de GEI en las fincas en estudio

Fincas	Emisiones		
	CH ₄ (ton e/ha/año)	N ₂ O (ton e/ha/año)	CO ₂ (ton e/ha/año)
La Luna	2.82	0.0021	0.21
Providencia	2.82	0.0021	0.21
Limones	0.751	1.5501	0.00
Integral #2	0.941	158.365	0.00
Pitajones	0.734	1.7802	0.00

El volumen de emisiones de metano (CH₄) tiende a ser muy bajo para todas las fincas, porque la cantidad de CH₄ liberado depende del tipo, edad y peso del animal, así como la calidad y cantidad del forraje ingerido. En cuatro de las fincas el ganado mayor que existía disminuyó, el mismo fue trasladado a zona llanas disminuyendo las prácticas agrícolas intensivas, como la cría de ganado en las montañas. Las emisiones por fincas se están comportándose de la siguiente manera: la finca que menor promedio presenta es la de Pitajones con 0.734 ton/ha/año. Estas emisiones se deben fundamentalmente por la fermentación estérica de los rumiantes que se encuentran libremente en la sabana y por el no uso del estiércol que producen las siguientes especies de animales y que puede ser aprovechada como abono orgánico, un equino, 9 vacuno y 32 caprino La Providencia y La Luna, con idénticos valores son las de mayores promedios con 2,82 ton/ha/año; lo cual se debe a que mantienen las crías de animales semiestabuladas para recoger el estiércol y utilizarlo como abono orgánico. Resultados como este se reportan por López (2009); También CEDECO, (2006) presenta resultados semejantes de la emisión de (GEI) en la comparación de fincas orgánicas con fincas convencionales, pero solo tiene en cuenta las emisiones desde el suelo.

En el caso del óxido nitroso (N₂O) existen tres fincas que superan los valores de una ton/ha/año, de ellas hay dos que sus valores no llegan hacer mayores de dos ton/ha/año por lo que no es de tomar en cuenta, en el caso de la finca Integral #2 en la cual el valor es mucho más alto, pudiera estar dado por las emisiones derivadas del mayor uso de fertilizantes nitrogenados en el fomento de la caña de azúcar. En las otras fincas los valores son inferiores, según Fuentes (2007), la emisión de N₂O desde suelos agrícolas en fincas orgánicas es menor debido a un mejor manejo del abonamiento y de la fertilidad del suelo, rotación de cultivo y cobertura viva y muerta. Por lo que se puede afirmar que está condicionado por el limitado uso de fertilizantes nitrogenados, la reducción en su totalidad del empleo de pesticidas químicos y el empleo de prácticas agroecológicas como la rotación de cultivo empleado, donde incluyen en las rotaciones leguminosas, el uso de abonos orgánicos y alternativas no químicas de control de plagas lo cual apunta a reducir la cantidad de óxido nitroso que se produce como resultado del uso de los fertilizantes y plaguicidas químicos.

Las fincas de Limones, Integral #2 y Pitajones no están emitiendo emisiones de dióxido de carbono (CO₂), debido a que han retomando prácticas orgánicas, como la no quema de sabanas y han erradicado la práctica de tumba y quema; aprovechando los residuos de las cosechas como material orgánico para incorporar al suelo. La Providencia y La Luna presentan tendencia muy baja por lo que no tiene mucha influencia para el ecosistema porque la causa de estas emisiones es debido al uso de combustibles fósiles en el empleo de la actividad de traslado de las cosechas.

En la literatura se presentan los resultados que informan sobre las emisiones de GEI a nivel de finca, solo CEDECO, (2006) hace referencia a trabajo realizado en Costa Rica, los cuales presentan valores bajos en las emisiones de gases.

Los resultados evidencian que las prácticas agroecológicas influyen en las emisiones de gases lo cual ha sido señalado por Cordelim (2007), al señalar un grupo de medidas que puede acometer la agricultura para mitigar las emisiones de EGI, haciendo referencia especial a la disminución de las prácticas agrícolas intensivas, la deforestación y el correcto manejo de los bosques.

El dendograma de la clasificación automática para las variables de emisiones de GEI (Figura 4) mostró dos grupos separándose la finca Integral #2 del resto, lo cual se explica por el alto nivel de emisiones metano y óxido nitroso. No existe una relación directa entre la clasificación automática del uso de suelo analizada anteriormente y la de emisiones de GEI, lo cual es atribuible a que el metano depende fundamentalmente del número de animales en la finca y del manejo del estiércol, ya que en éstas no se siembra arroz.

```
* * * * * H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S *
* * * * *
```

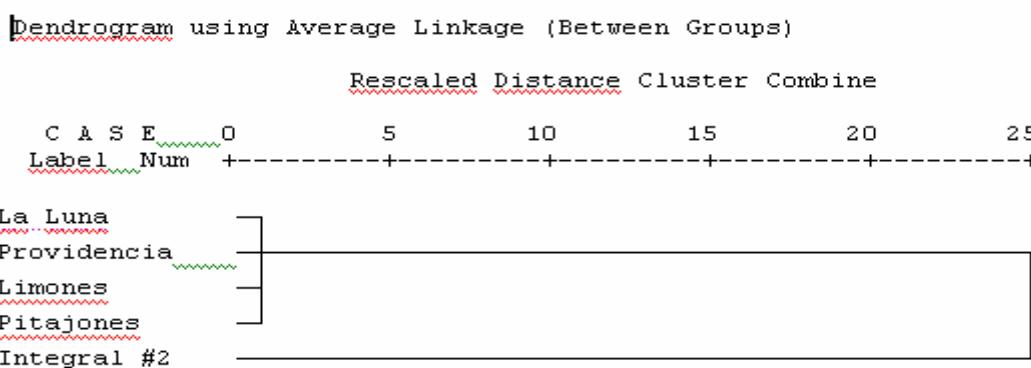


Figura 4. Dendrograma de agrupación para la variable gases de efecto invernadero

Estimación de la retención de carbono total de las áreas reforestadas en las cinco fincas en estudio.

En la retención de carbono total (Tabla 5) los valores varían los valores de las cinco fincas en estudio, desde 1201.64 hasta 149.55 toneladas de carbono por hectárea (t/ha). La finca de mayor valor absoluto de carbono total fijado en el área forestal fue la Providencia con 120.64 t/ha, la finca Integra I#2 le siguió con 518.33 t/ha y Limones con 439.49 t/ha; el resultado de la Providencia se explica porque es la finca presenta el mayor porcentaje de superficie cubierta de vegetación (27,9 %), como se puso en evidencia anteriormente así como un alto porcentaje de área con especies forestales como el *Pinus caribaea* Morelet (Pinos), *Zanthoxylum martinicense* (Lam.) DC. (Ayúa), Peñique, Guamo, *Cecropia Schreberiana* Miq. (Yagruma), Guarea guara (Jacq.) P. Wils. (Yamagua), Mantequero, Canelillo, Canelón y Ficus; que presentan mayor altura y diámetro promedio del fuste, así como las especies que predominan en el sistema agroproductivo que contribuyen a la sostenibilidad y a mitigar los gases con efecto invernadero por unidad de superficie. No sucediendo así en la finca Pitajones donde se encuentra el menor valor de retención de carbono (215.52 t/ha) debido a que tiene solamente cubierto 1,5% de un total 25.0 ha de superficie agrícola.

Tabla. 5 Eficiencia en la retención de carbono total en las fincas

Fincas	Unidad de medida (t)
La Luna	215.52
Providencia	1201.64
Limones	439.49
Integral	518.33
Pitajones	149.55

La Clasificación automática de las fincas según las variables de retención de carbono (Figura 6) formó dos grandes grupos ubicándose en uno las fincas La Providencia y en otro el resto de las fincas, el cual se subdividió en dos subgrupos (fincas La Luna y Pitajones y Limones e Integral #2.). Los tres subgrupos formados coinciden con los formados en el dendograma de uso de la tierra y prácticas agroecológicas, lo que pone de manifiesto la relación directa que existe entre estas variables.

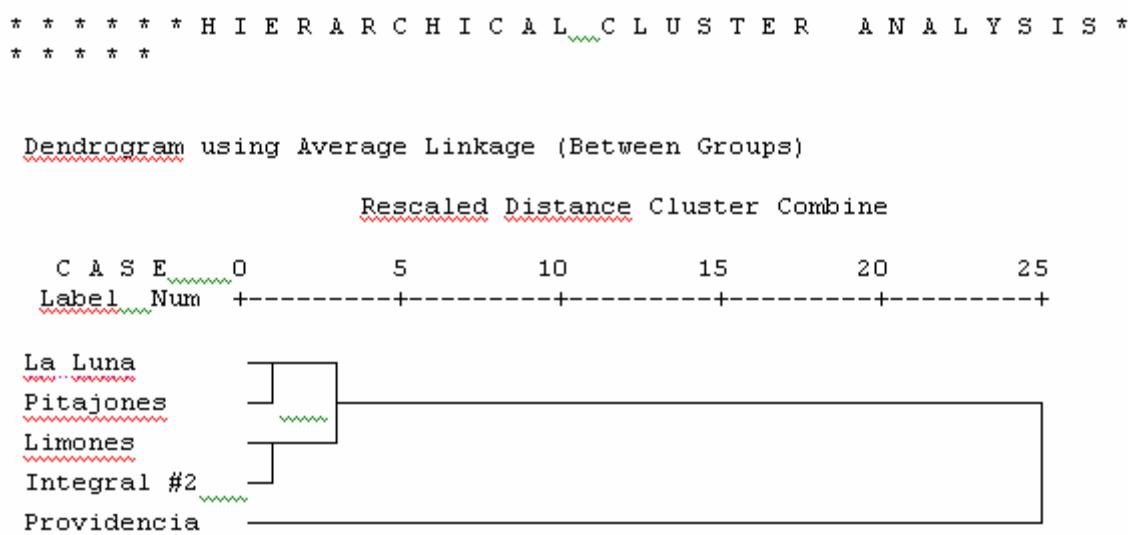


Figura 6. Dendrograma de agrupación para las variables de fijación de carbono

Análisis de los Indicadores de balance de la eficiencia energética y productividad para el año 2008 en las cinco fincas en estudio.

La eficiencia energética de las fincas varía desde 3.27 cal.prod./cal.inv en la Providencia hasta 0.5 en la Integral #2. Esto demuestra que en fincas agroforestales es posible mantener áreas forestales y generar producción de alimentos con eficiencia energética. Las fincas La Luna y Limones tuvieron resultados más discretos 1.68 cal.prod./cal.inv por 1.21 cal.prod./cal.inv respectivamente; mientras que la Integral # 2 y Pitajones no fueron eficientes. (Figura 7)

Estas causas se deben en gran medida al uso en la Providencia de prácticas agroecológicas que vienen empleándose en un agroecosistema con condiciones topográficas que dificultan el empleo de la mecanización en las labores de preparación de suelo favoreciendo al medio con el uso de la tracción animal; no así en el caso de las otras dos fincas que la condición del medio por ser un terreno llano le permite el uso de la mecanización; otras de las causas es debido al empleo de controles biológicos para las plagas que atacan al cultivo los cuales otros productores no cuentan con ellos aunque mantienen una drástica reducida disponibilidad de insecticidas químicos para el control de las plagas. La dificultad para adquirir fertilizantes sintéticos es definitiva para todas las fincas pero la Providencia lo ha

compensado con el uso de biofertilizantes, el empleo de la lombricultura, compost y otros fertilizantes orgánicos, estiércoles y abonos verdes, empleando las demás fincas solamente la fertilización orgánica. La utilización de cercas vivas le permite al productor de la Providencia aumentar el número de especies forestales y tener el área reforestada algo que no tienen estas dos fincas (Integral # 2 y Pitajones) que son la de mayor área deforestada.

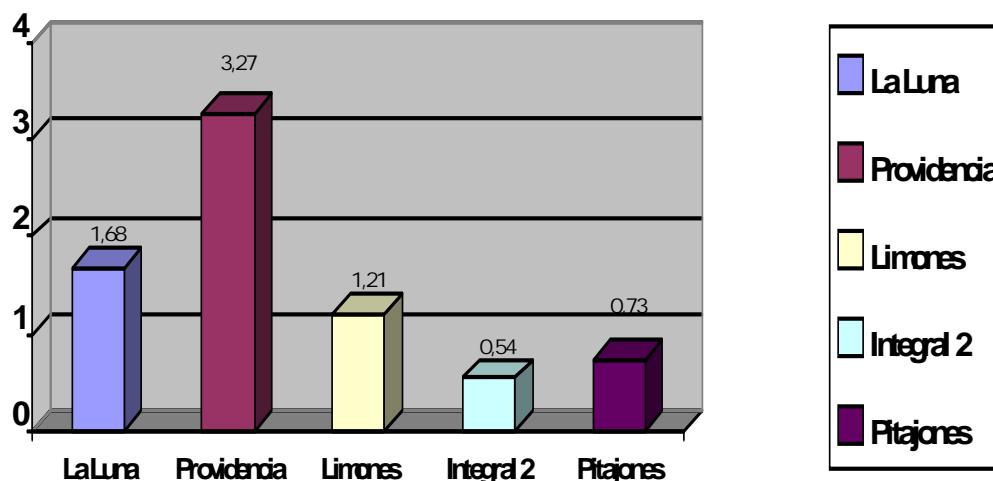


Figura. 7 Eficiencia en las finca en cuanto ha relación energética cal.prod./cal.inv en la producción.

En el estudio queda en evidencia la influencia decisiva del empleo de las prácticas agroecológicas eficientemente que han permitido la sustitución de importaciones y la diversidad de la finca con otros resultados producido sobre la eficiencia energética.

La clasificación automática para las variables de insumos externos formó dos grandes grupos, uno con las fincas La Providencia y Pitajones fincas que tuvieron como similitud en general baja utilización de insumos externos. En el otro grupo se ubicaron las fincas La Luna, Integral #2 y Limones, esta última se separó en un subgrupo aparte. Estas fincas en general emplearon los insumos externos en mayor cuantía.

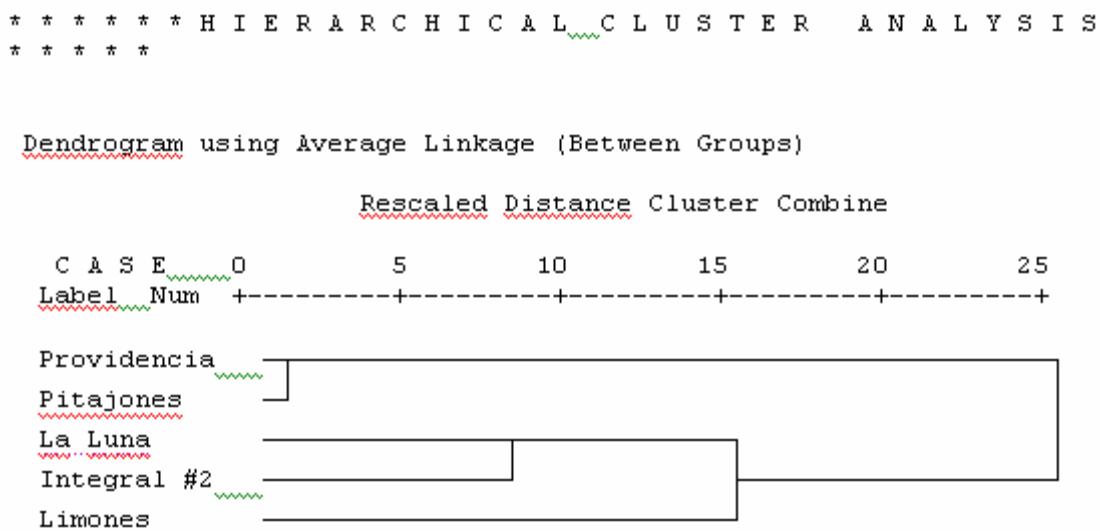


Figura. 8 Dendrorama de agrupación para las variables de insumos externos

Esta clasificación no se relaciona con las clasificaciones anteriores, uso de suelo, variables de biodiversidad, emisiones de GEI y la fijación de carbono, lo que indica que aunque las fincas hacen prácticas agroecológicas, no explotan todas sus potencialidades ya que emplean o petróleo, o fertilizantes químicos , o plaguicidas.

Análisis de la relación de los factores productivos

En la producción de factores energéticos (Figura 9) existen pocas diferencias entre las fincas La Luna (79.380 Mj/ha) y la Providencia (75.854 Mj/ha) teniendo estas, los valores absolutos más altos influido por la necesidad de producir productos alimenticios que alcancen un valor de venta permitiendo la sostenibilidad de la familia y a su vez el aporte de altos contenidos energéticos en la dieta acostumbrada del campesino (yuca, malanga, plátano). Algo similar planteó Amador *et al.* (2007) cuando al plantear que esto tiene una relación directa con la producción de alimentos y los aportes energéticos que estos equivalen, aunque la fuente sea la misma hay diferencias que tienen su causa fundamental en la producción de vegetales y en la producción animal, este no sucede igual en las fincas Integral #2 y Pitajones, las cuales arrojaron rendimientos de 18.496 Mj/ha y 0.832 respectivamente; las producciones de la primera no se encaminan al autoabastecimiento de la familia, sino que mas bien buscan aspectos económicos; no siendo así para la segunda que encamina la producción a las necesidades del centro y su rendimiento del cultivo por hectárea es bajo, incluso insuficiente para la cantidad de comensales que debe alimentar.

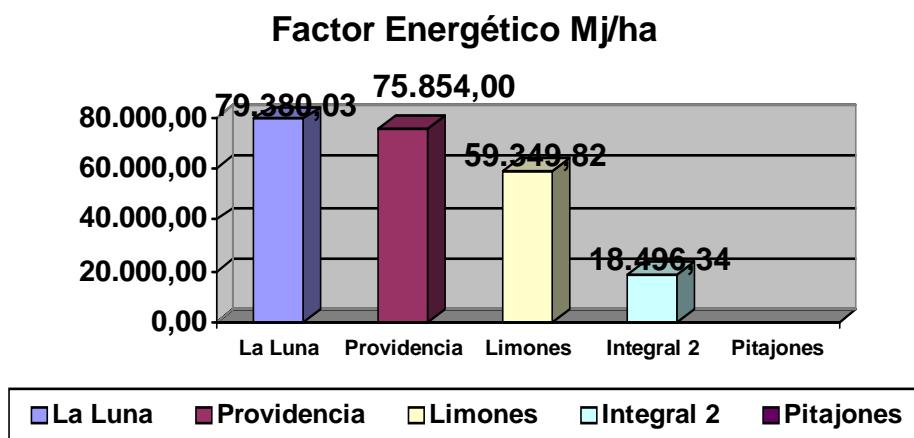


Figura. 9 Rendimiento energético de los cultivos cosechados en el año 2008 en Mj por hectárea (Mj/ha).

En la producción de factores proteicos la finca La Luna repite el resultado, (732.02 kg/ha/año) de ser la de mejor rendimiento, esto tiene una relación directa con la producción de alimentos y los aportes energéticos equivalentes de cada cultivo, también guarda relación con la diversidad genética en las especies vegetales y con los ciclos de nutrientes relativamente cerrados donde muchos de los requerimientos nutritivos son provistos por la rotación, barbecho o descanso y aplicación de abonos orgánicos, una cobertura vegetal del suelo a lo largo de todo el año, un uso eficiente del agua, luz solar y suelo; así como bajo riesgo de pérdida total de los cultivos como producto de la diversidad y la calidad de la semilla utilizada. Le sigue aproximadamente la finca de Limones con 645.32 kg/ha/año, debido al alto nivel de estabilidad de la producción y a la compensación de los diversos cultivos.

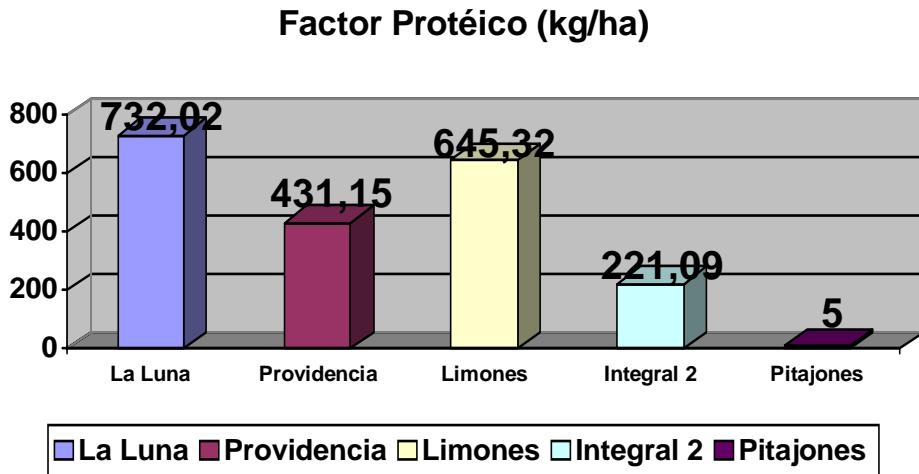


Figura. 10 Rendimiento proteico de los cultivos cosechados en el año 2008 en Kilogramos por hectárea (kg/ha).

Análisis del Gasto energético de los insumos productivos

Las fincas que presentaron mayores valores absolutos de gastos energéticos de los insumos productivos por hectárea son Integral #2 y Limones (Tabla 6) que entre los que consumen están los herbicida y los insecticida; emplean en mayor cantidad los fertilizantes nitrogenados que los fertilizantes orgánicos y cuentan con el mayor número de trabajadores agrícolas 15 y 8 respectivamente; el resto trabaja en la recuperación de la biodiversidad vegetal con menos insumos, incluso la finca de Pitajones el mayor consumo que realiza es producto de las horas/hombre y el gasto de combustible en la utilización de una turbina Robinsson de tecnología atrasada que gasta un litro combustible Diessel por hora. La finca que menores gastos energéticos tiene es la finca Providencia, esto se debe fundamentalmente al poco empleo de herbicida y a la menor cantidad de hombre en el empleo de las labores agrícolas y por ende consumir menor cantidad de horas/hombre.

Tabla.6 Gasto energético Total de los insumos productivos

Fincas	Gasto	Unidad de medida (MJ)
La Luna	19.444,00	56,706,23
Providencia	13.506,00	23.200,10
Limones	55.830,00	73.413,00
Integral #2	20.840,00	137.907,90
Pitajones	23.628,00	30.495,12

El resto de los agricultores emplean menor cantidad de fertilizantes nitrogenados y mayores prácticas orgánicas, aprovechan el nitrógeno biológicamente fijado y reciclan los desechos orgánicos para reducir la necesidad de fertilizantes químicos, esto les ofrece oportunidad para disminuir significativamente los insumos de energía en la producción agrícola; la finca de Pitajones no está consumiendo fertilizantes, todas sus producciones son orgánicas.

Este resultado está en correspondencia con Altieri, (1992) quién plantea que históricamente la diversidad en la agricultura ha demostrado ser una vía para proteger a los agricultores de plagas y enfermedades, por el contrario, el camino de la especialización y el monocultivo provocan el aumento de la contaminación por el uso

de fertilizantes y la degradación de los recursos naturales dentro de los que se encuentra el suelo.

En la finca de Pitajones no se utiliza insumos de insecticida y herbicida, se realiza el control de insectos mediante la rotación de cultivo y el control de malezas, así como la siembra y atenciones culturales a los cultivos de forma manual utilizando la guataca; en el caso de la finca Providencia no se aplica insecticida, este agricultor logra un adecuado control de insectos mediante rotaciones de cultivos seleccionados por él mismo y algunos recomendados por especialistas de la Estación de Protección de Plantas en el territorio. Libera predadores y parásitos para controlar ciertas plagas y en cultivos de verduras y hortalizas aplica métodos biológicos de control de plagas, el herbicida lo aplica en pocas ocasiones, los cultivos los fomenta en hilera para controlar las malezas antes y después de plantar el cultivo por medio manual.

El resto de las fincas emplean el uso de insecticidas para controlar las plagas y aplican herbicidas para el control de las malezas, como es el caso de la Integral #2, que se destaca por ser la que más consume estos insumos. El empleo de los medios biológicos para el control de plagas y enfermedades en los cultivos y crianzas y la fertilización va dejando de ser novedad y poco a poco se ha ido integrando a la cultura productiva. (ANAP, 1997b).

La finca que en la que mayor cantidad de personas soporta el sistema por el indicador de fuentes energéticas es Providencia, como se ha visto, esto se debe a la gran producción de energía que implica la adopción de nuevas prácticas agroecológicas en los sistemas productivos; se considera que la diferencia entre las fincas se debe al nivel de adopción en la aplicación de la disciplina tecnológica que a su vez asumen estas prácticas las fincas de Providencia y La Luna. Estos resultados coinciden con los presentados por Funes, (2006) y se encuentran dentro de estos parámetros también los que viene obteniendo el proyecto de investigación de emisión de gases de efecto invernadero y fijación de Carbono en Fincas Orgánicas de CEDECO, (2009) en Costa Rica.

La finca La Luna mostró el valor absoluto más alto de rendimiento por cultivo, logrando 17.9 t/ha y muy de cerca le siguen la finca Providencia y Limones con rendimientos de 14.9 t/ha y 13,8 t/ha respectivamente solamente las separa una diferencia de 0.8 t/ha.

El incremento de la cantidad de productos alimenticios es un indicador de los niveles de biodiversidad que logran y que oscilan entre 15 y 23 productos para la alimentación humana, lo cual corrobora lo planteado Funes - Monzote y Monzote, *et al.*, (2000) quienes declaran que el incremento de la cantidad de productos alimenticios también es un indicador de los niveles de biodiversidad logrados, estos oscilan entre 18 y 27 para la alimentación humana. La finca de Pitajones es la de más bajo rendimiento con 2.58 t/ha, esto corrobora como la finca con mayor extensión de área no aprovecha al máximo la superficie agrícola disponible, en este sentido.

La clasificación automática para las variables de eficiencia energética (Figura 10) formó dos grupos la Finca Integral 2 y Pitajones, la primera con alto empleo de insumos externos y bajos rendimientos y la segunda con bajos insumos internos, pero con bajísimos rendimientos. En el otro grupo se ubicaron La Luna, Limones y La Providencia, ésta última en un subgrupo sola, la cual se diferenció del resto en los dendogramas de uso de suelo y prácticas agroecológicas.

* * * * * H I E R A R C H I C A L _ C L U S T E R A N A L Y S I S
* * * * *

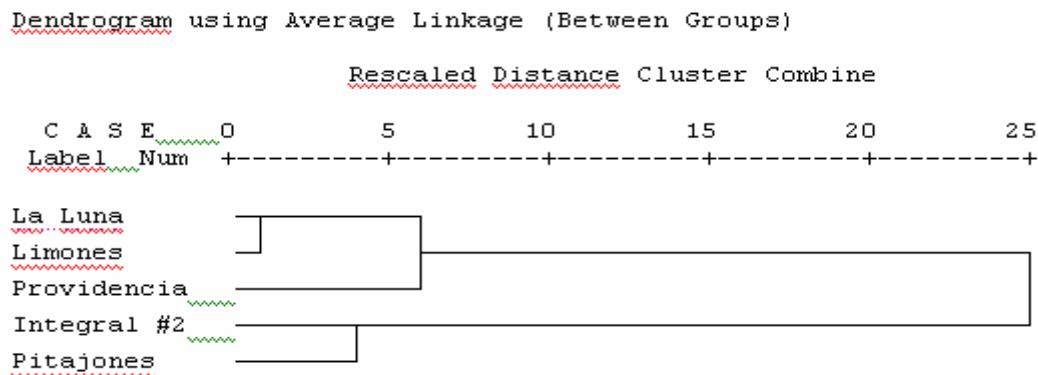


Figura. 10 Dendrorama de agrupación para las variables de eficiencia energética

REFERENCIAS

1. Adams, G. A. y D.H. Wall. Linkages and implications for global change. *Bioscience*, 50, 1043–1048. (2000).
2. Albrecht, A. and S.T. Kandji. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture*, 99, pp. 15-27. (2003).
3. Altieri, M. A. Biodiversidad, Agroecología y manejo de plagas. CETAL, Valparaíso. (1992).
4. Altieri, M. A. Creando sinergia para una agricultura sostenible. *Agroecología*, 9, 9-12. (1995).
5. Altieri, M. A. The Significance of Diversity in the Maintenance of the Sustainability of Traditional Agroecosystems. ILEIA 3 (2): 3 - 7. (1987).
6. Altieri, M. A. Bases Científicas para una Agricultura Sustentable. *Agroecología*. (1997).
7. Álvarez, A., A. Mercadet, O. Ortiz, et al., La economía ecológica vista en la retención y secuestro de carbono como una vía para mitigar el cambio climático en el sector forestal. Trabajo presentado en 4to Congreso Forestal de Cuba, La Habana. 2007.
8. Álvarez. A. Biodiversidad Agrícola. En III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. Conferencias Universidad Central de las Villas, -p.2. (1997).
9. ANAP, Dirección de Cooperación, Extensión de las Técnicas de Empleo de los Productos Biológicos en el Control de Plagas en la Agricultura, Proyecto de Cooperación al Desarrollo ANAP-Oxfam Solidaridad de Bélgica, 13 p. (1997b).
10. ANAP, Dirección de Cooperación, Agricultura Sostenible en Cuba: Desarrollo y Producción de Biopreparados, Proyecto de Cooperación al Desarrollo ANAP/GVC/Entre Pueblos, 25 p. (1999).
11. Antúnez, C. *Efecto del residual sólido de café sobre las propiedades de un suelo*. Trabajo de Diploma, UCLV, Santa Clara. (1999).
12. Archimedes, F. y Soares, Uso y ocupación de tierras. pp 189- 196. Tomado del archivo UMA. Sancti Spiritus. 13/X/2003.
13. Bretscher, D. Agricultura orgánica y gases con efecto invernadero. (2005).
14. Burstein, J., G. Chapela y Mendoza, J. Aguilar, et al., Informe sobre la Propuesta de Pago por Servicios Ambientales en México. Disponible en www.redalyc.org. (2002).
15. Castro, J., y M. Amador. Emisión de gases de efecto invernadero y agricultura orgánica. disponible en www.cedeco.or.cr/investigacion.htm (2007).

16. CEDECO. Agricultura Orgánica y Gases Con Efecto Invernadero San José. Costa Rica. Disponible en (www.cedeco.or.cr). (2006).
17. CEPAL. El desarrollo Sostenible. Transformación productiva, equidad y medio ambiente, 146 pp. (1991).
18. De La Vega, J. A. Calentamiento global - captura de carbono. disponible en www.ecoportal.net/content/view/full/69505 (2000).
19. Domínguez, María Isabel, Diferencias y relaciones generacionales en el campesinado. Ejemplar mecanografiado. (CIPS) – CITMA, (1990).
20. FAO. Situación de los Bosques del Mundo. FAO. Roma. ISSN 1020 – 5721. (2003).
21. FAO, (2006). Los bosques y el cambio climático. Disponible en: www.fao.org/newsroom/es/focus/2006/1000247/index.html
23. FAO, (2007). Los bosques y el cambio climático. Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/foris/pdf/infonotes/infofaospanish-losbosquesyelcambioclimatico.pdf>
24. FAO Agricultura orgánica y biodiversidad VISITADO 18-8-09 <http://www.fao.org/docrep/005/y4137s/y4137s06.htm> Encarta, 2007).
25. FAO. Perdida de la Biodiversidad Agrícola Indicadores de presión Estado Respuesta. (2007).
26. Fundora, Z. The Cuban Plant Genetic Resources Programme. PROCICARIBE News, 2: p.4. (1999).
27. Funes-Monzote, F. y Marta Monzote. Results on Integrated Crop-Livestock-Forestry Systems with agroecological bases for the development of the Cuban Agriculture.13th IFOAM International Scientific Conference. Basel, 2000.
28. Funes-Monzote, F.; Marta Monzote; D. Serrano, H. L. Martínez y J. Fernández. Eficiencia energética y productiva de sistemas integrados ganaderos-agricultura. I Congreso Internacional sobre Mejoramiento Animal: pp. 490-497. (2000).
29. Funes-Monzote, F.; Luis García, M. Bourque, N. Pérez, y P. Rosset. Transformando el campo cubano. Intensidad de la fuerza de trabajo, pp. 251, (2001).
30. Funes, M. F. Integración a la sostenibilidad de la agricultura en Cuba, pp. 2-54, Ed. DECAP, (2004).
31. Funes M. F. Aspectos teóricos e implicaciones de la eficiencia energética en los sistemas de producción agropecuarios. “Conferencia dictada en el segundo taller de (GEI) Indio Hatuey”. 2007.
32. Funes, M. F. Elementos prácticos sobre el cálculo de la eficiencia energética (Sistema computarizado “ENERGIA”). EEPF “Indio Hatuey”. (2007).
33. Funes–Monzote, hernandez Alberto, Bello Rasiel y Alvarez Aurelio. Fertilidad del suelo a largo plazo en sistemas biointensivos. revista agroecológica . pp. 9, 10, 11. (2007).
34. García, O. R. (2007). Cambio climático. Consultado en http://www.science.nasa.gov/headlines/images/radarsat/earth_med.gif
35. Gitay, H., Suárez A., Watson R. t. y Dokken D. J. (Eds). (2002). Climate Change and Biodiversity. WMO – UNEP, IPCC TechnicalPaper, 73 pgs.
36. Goya, Sonia Alejandra (1998). *Propuesta para mejoramiento de la fertilidad de los suelos en el municipio Manicaragua*. Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Agricultura Sostenible, UCLV, Santa Clara, Cuba.
37. Instituto de Suelos. II Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Serie No.23. 25 pp. (1982).
38. Instituto de Suelos. Mapa Básico de suelo 1: 25 000 provincia Sancti Spiritus. (1989)

39. IPCC. La captación y el almacenamiento de CO₂. disponible en (<http://www.ipcc.ch>). (1996).
40. IPCC. *The Science of Climate Change. Contribution of WGI to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, UK, 572 pp. (1996).
41. Junco, O. D., Y. B. Figuera, y G. R. Crespo. Metodología para la elaboración de un sistema de pagos por servicios ambientales forestales. [Version Electrónica] (2006).
42. Kanninen, M. Manejo sostenible y aumento de sumideros y reservorios de carbono. disponible en http://www.science.nasa.gov/headlines/images/radarsat/earth_med.gif (2007).
43. Lerch, G. La experimentación en las Ciencias biológicas y agrícolas. Ed. Científico – Técnica. (1977).
44. Loucks, O.L. Emergence of Research on Agro - Ecosystems. Ann. Rev. Eco-Sys. 8: 173 - 192. (1977).
45. Magdoff, F. (1993). Calidad y manejo del suelo. Ed. CLADES. LH. 15p 1993.
46. Manejo de suelos, fertilizantes y enmiendas en armonía con la conservación del entorno (disponible en la biblioteca digital portable).
47. Makundi, et al. Los bosques tropicales en el Protocolo de Kyoto. Actualidad Forestal Tropical. 6(4): 5-26 p. 1998.
48. Merkasi, S. L. ¿Cómo se hace Agricultura Orgánica? http://www.markasi.com/docuagro_22/III/2003.
49. Mogená, O. E. *Estudio sobre la mitigación de cambio climático por los bosques de la empresa forestal integral Bayamo.* Trabajo presentado en 4to Congreso Forestal de Cuba, Palacio de las Convenciones. La Habana. (2007).
50. Monzote, Marta y F. Funes-Monzote. Integración ganadería-agricultura. Una necesidad presente y futura. Revista Agricultura Orgánica 3: 1: 7. (1997).
51. Moreno, C. Métodos para medir la biodiversidad. Ciudad Habana. (2001).
52. Moreno, C., Elvia; Guerrero P., A.; Gutiérrez C., María del Carmen; Ortíz S., C. A. y Palma L., D. J. Los manglares de Tabasco, una reserva natural de carbono. Madera y Bosques. Vol. 8. Número especial (1): 115-128. (2002).
53. Moura, P. La Convención sobre el clima y el mercado de las contrapartes de las emisiones de carbono basadas en las actividades forestales. Unasylva 52 (206): 34-40, 2001.
54. Nova, A. a. Apuntes sobre el proceso inversionista en la actividad agropecuaria Revista azucarera. 11-77. (1988)
55. Pérez, Nilda, E. Fernández y L. Vázquez. Conservación del Control de Plagas y Enfermedades en la Agricultura Orgánica. En Conferencia y Mesas Redondas del II Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica, 17 al 19 de mayo de 1995. 48-55. 1995.
56. Peláez, O. Trabajan por acelerar programas de reforestación. Periódico Granma/ Ciudad de la Habana. 36: 258:2. (2000).
57. PNUMA, y OMM. Cuestiones metodológicas y tecnológicas en la transferencia de tecnología. Consultado 15 de enero, 2009, disponible en <http://www.medioambiente.org>. (2000).
58. PNUMA, y OMM. (2005). La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono. Disponible en <http://www.ipcc.ch>
59. Ríos, H. et al., (2006). Proyecto "Fitomejoramiento Participativo Fase II, Programa para Fortalecer la Innovación Agrícola Local", INCA, 2007
60. Rosset, P. M. y M. A. Alltieri. Agricultura en Cuba: Una experiencia Nacional e Conservación Orgánica. Agroecología y Desarrollo. (Chile), Número Especial 7 agosto 1994.

61. Rosset, P. M. La crisis de la Agricultura Convencional, la Sustitución de Insumos, y el Enfoque Agroecológico. *Agroecología y Desarrollo*. (Chile):11/12:2-12. (1997a).
62. SANE. Informe Final Proyecto SANE (Sustainable Agriculture Networking and Extension). ACAO/CLADES/PNUD. (1999).
63. Socorro Castro, AR y col. Gestión agraria: Un análisis multidimensional de su sostenibilidad. CETAS / Universidad de Cienfuegos. Tomado de BDP CETAS. Universidad de Cienfuegos. (monografía). (2003).
64. Socorro Castro, AR y col. Modelo Alternativo para la Racionalidad Agrícola. Edición Especial para la Universalización de la Educación Superior. Editorial Universo Sur. Universidad de Cienfuegos. Capítulos I, II y III. Tomado de BDP CETAS. Universidad de Cienfuegos. (2004).
65. Vales, M., Alvarez, A., Montes, L. y Ávila,A., (compiladores): Estudio Nacionalesobre la Diversidad Biológica en la Repúblicare Cuba. 480 p. (1998)
66. Vilariño, A. y J. Doménech. El Sistema de dirección y Planificación de la Economía Nacional, historia, actividad y perspectiva. Editorial Pueblo y educación. (1986).