

**LA AGROECOLOGÍA COMO ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN A LOS
EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SABANA DE BOGOTÁ**



PAULA LISETH RAMOS DÍAZ

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
Especialista en Planeación Ambiental y Manejo Integral de los Recursos
Naturales**

**Director:
Ximena Lucía Pedraza Najar**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN PLANEACIÓN AMBIENTAL Y
MANEJO INTEGRAL DE LOS RECURSOS NATURALES
BOGOTÁ, 2018**

LA AGROECOLOGÍA COMO ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN A LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SABANA DE BOGOTÁ

AGROECOLOGY AS A STRATEGY OF ADAPTATION TO THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE IN THE SABANA DE BOGOTÁ

Paula Liseth Ramos Díaz
Ingeniera Ambiental
Ingeniera Ambiental de la Alcaldía Municipal de Chiquinquirá
Especialización en Planeación y Manejo Integral de los Recursos Naturales
Facultad de Ingeniería
Universidad Militar Nueva Granada
Bogotá D.C., Colombia
u2700873@unimilitar.edu.co

RESUMEN

En el presente artículo, se propone la agroecología como una estrategia de adaptación a los efectos generados por el cambio climático en la Sabana de Bogotá. Para esto se realizó una revisión detallada de la literatura, siguiendo un enfoque cualitativo y propositivo, en donde se identificó, describió y analizó la relación de la agricultura, el cambio climático y las técnicas agroecológicas que más se adaptan al modelo agrícola de la zona. Una vez revisada y analizada dicha información, se establecieron cinco principios ecológicos que permiten el desarrollo y direccionamiento de las técnicas agroecológicas asociadas a procesos de labranza ecológica, fertilización orgánica, asociación y rotación de cultivos, riego ecológico, manejo integrado de plagas y enfermedades y control de malezas; llegando a la conclusión de que éstas técnicas permiten optimizar los procesos bioestructurales del suelo, como mecanismo de amortiguación ante posibles efectos climáticos.

Palabras clave: agroecología, cambio climático, agricultura, técnicas agroecológicas.

ABSTRACT

In the present article, agroecology is proposed as a strategy of adaptation to the effects generated by climate change in the Bogotá savanna. For this, a detailed review of the literature was carried out, following a qualitative and proactive approach, where the relationship of agriculture, climate change and agroecological techniques that best adapted to the agricultural model of the area were identified, described and analyzed. Once this information was reviewed and analyzed, five ecological principles were established that allow the development and management of the agroecological techniques associated with ecological tillage, organic fertilization, association and rotation of crops, ecological irrigation, integrated management of pests and diseases and control weed; arriving at the conclusion that

these techniques allow to optimize the biostructural processes of the soil, as a mechanism of damping against possible climatic effects.

Key words: agroecology, climate change, agriculture, agroecological techniques.

INTRODUCCIÓN

El incremento antropogénico de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, cumple un papel importante en el calentamiento global, ya que son éstos gases los que están generando un aumento en la temperatura atmosférica. Según el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), la temperatura media global del aire ha incrementado 0.6°C a lo largo del último siglo, produciendo cambios significativos en la distribución espacial y temporal de las diferentes variables climatológicas y originando lo que hoy se conoce como cambio climático [1].

El cambio climático se ha establecido como uno de los problemas de mayor relevancia que ha tenido que afrontar la sociedad a lo largo del siglo XXI, es por esta razón que el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), ha venido concientizando y advirtiendo a las diferentes comunidades sobre la responsabilidad ambiental y el creciente peligro que puede llegar a desencadenar dicho fenómeno. Este concepto también ha sido tema importante en acuerdos mundiales y en el establecimiento de diferentes políticas ambientales [2].

Dentro de los efectos del cambio climático se tienen variaciones en el clima tales como: incremento en las precipitaciones, sequías, inundaciones, aumentos en el nivel del mar, días y noches más cálidas, entre otros [3]. Estas consecuencias climáticas se evidencian en el deterioro de los ecosistemas naturales, en los indicadores de salud pública, en los aspectos económicos y los nuevos mercados de carbono, en las migraciones por problemas de seguridad alimentaria y en la vulnerabilidad de las ciudades ante las catástrofes naturales [2].

Una de las actividades económicas que más se ve afectada por el cambio climático es la agricultura, sin embargo, en algunos casos, dicho fenómeno puede ser beneficioso para esta actividad; es en las áreas de latitudes bajas donde se estima que el cambio climático incrementará la temperatura, disminuirá las precipitaciones y aumentará las inundaciones y sequías [4]. Dichas afectaciones se ven reflejadas en los cambios continuos que se presentan en la temperatura, precipitación, escorrentía de aguas superficiales, variabilidad climática y fertilización con dióxido de carbono (CO₂), además de la reducción del área productiva y de las fuentes hídricas [5].

En cuanto a la parte física, uno de los impactos negativos más significativos del cambio climático sobre las prácticas agrícolas, es la pérdida de material orgánico del suelo debido a las altas temperaturas que se presentan en el mismo. La fertilidad de este puede verse afectada cuando se presentan temperaturas extremadamente

altas que aceleran la descomposición de la materia orgánica y por ende la activación de otros procesos que conllevan a su infertilidad [6]. Cabe resaltar que cuando un suelo es demasiado seco la descomposición de la materia orgánica y el crecimiento de las raíces se reduce hasta el punto en que la cobertura vegetal también disminuye significativamente y por ende la vulnerabilidad a la erosión del suelo por vientos aumenta, llegando a ser severa si se presentan lluvias convectivas fuertes [6].

Los efectos del cambio climático también están asociados a aspectos económicos, donde el bajo desarrollo económico, las complicaciones de los esfuerzos por contrarrestar la pobreza y los declives en la seguridad alimentaria, han sido temas de preocupación para el Estado y las diferentes regiones del país [7].

Lo anterior se puede evidenciar en la Sabana de Bogotá, región que se encuentra ubicada al sur del Altiplano Cundiboyacense sobre los Andes Orientales a una altitud de 2.600 metros sobre el nivel del mar y con una precipitación media anual de 14°C que oscila entre los 2.000 mm al oriente y los 900 mm al occidente, su régimen pluvial es bimodal, es decir, que se tienen dos tiempos de lluvia (abril – mayo y octubre – noviembre) y dos tiempos secos (diciembre – enero y junio – agosto) [8].

Según el análisis de cambios potenciales en la disponibilidad hídrica bajo escenarios de cambio climático, presentado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), se establece que para el año 2050, la Sabana de Bogotá presentará una mayor vulnerabilidad en la reducción de la disponibilidad hídrica y una mayor exposición al incremento de la susceptibilidad a procesos de sequías y periodicidad de incendios, trayendo consigo graves consecuencias para el sector agrícola [9].

Para dar solución a dichas problemáticas relacionadas a los impactos negativos generados por el cambio climático en la actividad agrícola de la Sabana de Bogotá, se propone la agroecología como una práctica sustentable y eficiente que consiste en el manejo ecológico de los agroecosistemas mediante acciones participativas y comunitarias que constituyan nuevas formas de producción y consumo encaminadas a afrontar la crisis socioecológica de la globalización económica [10].

Es así como la agroecología es percibida como una de las estrategias más importantes a la hora de mitigar los efectos que trae consigo el cambio climático, pues su baja dependencia y uso de materia prima externa y del eficiente manejo y conservación de la agrobiodiversidad, son componentes necesarios para afrontar de manera eficiente los diferentes impactos que dicho fenómeno puede llegar a generar [11].

Las técnicas agroecológicas propuestas en el presente artículo, están asociadas a procesos de labranza ecológica, fertilización orgánica, asociación y rotación de cultivos, riego ecológico, manejo integrado de plagas y enfermedades y control de

malezas, las cuales están regidas bajo 5 principios: altas tasas de reciclaje, estimulación de la diversificación de agroecosistemas, aseguramiento de las buenas condiciones del suelo, cierre de los ciclos del agua y los nutrientes y consideración de las bases culturales de los sistemas agrícolas tradicionales. De lo anterior se concluye, que dichas técnicas permiten optimizar los procesos bioestructurales del suelo, como mecanismo de amortiguación ante posibles efectos climáticos.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo el presente estudio sobre la agroecología como estrategia de adaptación a los efectos del cambio climático en la Sabana de Bogotá, se realizó una revisión bibliográfica detallada sobre el comportamiento de las actividades agrícolas y los impactos negativos del cambio climático que han venido afectando las diferentes actividades agrícolas que desarrollan las comunidades campesinas en esta zona.

El enfoque de dicha investigación es considerado cualitativo, ya que se recolectaron y analizaron datos tangibles de una manera sistemática, consiguiendo la unificación de los diferentes elementos que componen la relación entre la agroecología y el cambio climático. Este enfoque tiene como objetivo referir, comprender y explicar cada uno de los puntos de vista que tienen los diferentes expertos frente al tema.

En cuanto a la connotación de la investigación, se considera que es propositiva, ya que se establece primeramente una fase de diagnóstico del contexto actual de la zona de estudio, con el fin de proponer estrategias eficientes que permitan dar solución a las diferentes problemáticas de la región, causadas por el cambio climático.

La teoría de esta investigación se realizó mediante una etapa conceptual cualitativa, en donde se efectuó una búsqueda de literatura que dio lugar a la construcción de la metodología, elaborando de este modo, una matriz de consolidación de la misma, en donde se establecen diferentes técnicas agroecológicas y su relación con los efectos del cambio climático. Para lo anterior, se tuvieron en cuenta tres aspectos importantes: tipo, referente, criterio y descripción.

Esta revisión bibliográfica se realizó por medio de las bases de datos virtuales de las bibliotecas de la Universidad Militar Nueva Granada, la Universidad El Bosque y la Biblioteca Pública Julio Mario Santo Domingo, y se consultaron libros especializados, artículos científicos y páginas web oficiales.

Una vez analizada dicha información, se identificaron las técnicas agroecológicas que más se ajustaban al modelo agrícola de la Sabana de Bogotá, como propuesta de mitigación a los diferentes efectos del cambio climático evidenciados en la zona de estudio.

Tabla 1. Referentes de investigación.

Tipo	Referente	Criterio	Descripción
Teórico	INGEOMINAS 2013	Descripción del área de estudio.	Aspectos generales de la Sabana de Bogotá, municipios que la conforman, climatología y tipos de cultivos.
Investigación	Aeronáutica Civil, 2018	Aspectos climatológicos de la Sabana de Bogotá	Comportamiento de las precipitaciones, temperatura y humedad relativa.
Investigación	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2014.	El cambio climático en la región Bogotá, Cundinamarca y sus implicaciones para el desarrollo regional.	Cambios esperados en la precipitación, temperatura y disponibilidad hídrica, relacionada con el desarrollo de los cultivos del departamento de Cundinamarca.
Teórico	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2014.	Evaluaciones agropecuarias municipales.	Principales cultivos y técnicas convencionales de agricultura de la Sabana de Bogotá.
Investigación	Agustín Infante Lira y Karina San Marín Fuentes, 2016.	Manual de producción agroecológica.	Componentes ecológicos del suelo, beneficios de la agroecología y principios agroecológicos.
Investigación	Miguel Ángel Núñez	Técnicas agroecológicas	Técnicas agroecológicas.

Fuente: Elaboración propia.

2. RESULTADOS Y ANÁLISIS

2.1 Descripción del área de estudio

La Sabana de Bogotá se encuentra ubicada en el centro de la Cordillera Oriental y en la parte sur del Altiplano Cundiboyacense, específicamente en la cuenca alta del

Río Bogotá. Esta región está conformada por veintisiete municipios, dentro de los cuales se encuentran: Madrid, Mosquera, Soacha, Nemocón, Funza, Tabio, El Rosal, Facatativá, Zipaquirá, Cucunubá, Suesca, Chía, Cota, Tocancipá, Chocontá, Guatavita, Sesquilé, Cajicá, Tenjo, Cogua, Gachancipá, Subachoque, Sopó, Villapinzón, Sibaté, Bojacá y Bogotá [12].

La Sabana de Bogotá presenta una temperatura media de 13.5°C que varía entre los - 5°C y los 26°C. Los periodos lluviosos y secos también presentan variaciones, ya que los meses de diciembre, enero, febrero y marzo son los más secos y los meses de abril, mayo, septiembre y octubre son los más lluviosos, siendo noviembre el mes con mayor estabilidad climática y, junio, julio y agosto los meses en los que se generan vientos más fuertes [12].

Es importante resaltar que esta zona es la que presenta las temperaturas más bajas a nivel nacional, además que sus condiciones climáticas son altamente alternas por la presencia de los fenómenos del niño y la niña que se originan en el Océano Pacífico [12].

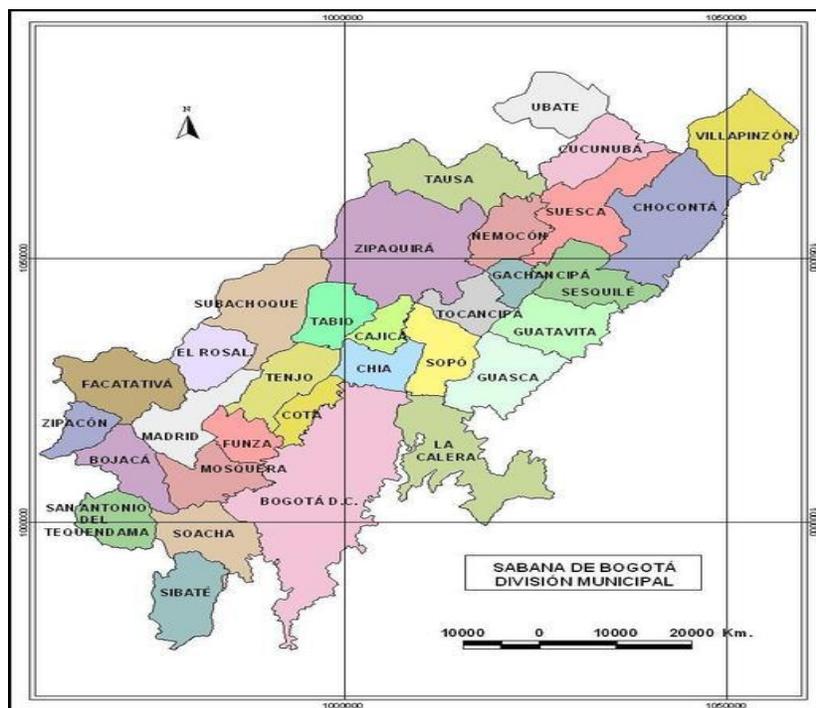


Figura 1. División municipal de la Sabana de Bogotá.

Fuente: Silvia Karina González [13].

Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, para los años 2013 y 2014, los principales cultivos presentes en los municipios de Tausa, Villapinzón, Sibaté, Sesquilé Chocontá y Suesca fueron: papa, caña panela, maíz, café, plátano, frijol, mango, cítricos, arveja y palma de aceite. Para la producción de dichos alimentos, se establece el uso y manejo de las técnicas agrícolas convencionales, las cuales

generan ciertas afectaciones sobre el suelo y su actividad biológica, haciéndola más débil y desequilibrada, en donde el suelo pierde su capacidad de defensa ante los impactos climáticos [14].

2.2 Aspectos climatológicos de la Sabana de Bogotá

A continuación, se establecen aspectos climatológicos relacionados con el comportamiento de las lluvias, de las temperaturas y las humedades relativas en la Sabana de Bogotá, tomando la Estación El Dorado como zona de evaluación y referenciación.

2.2.1 Comportamiento de las lluvias

La Sabana de Bogotá es considerada una de las zonas con más bajos niveles de precipitación, estas presentan variaciones entre 500 y 1000 m.m. En los meses de enero, febrero y marzo escasean las lluvias, los meses de abril y mayo son el inicio de una época de invierno, para el periodo de junio, julio y agosto se presentan lloviznas frecuentes, fuertes vientos y cielos nublados. Estas suaves lluvias son las dilaciones de agua que atraviesan la Cordillera Oriental luego de generar fuertes lluvias y aguaceros eléctricos en el Piedemonte Llanero [15].

Los vientos alisios que se encuentran en la parte alta de la cordillera descargan en la Sabana de Bogotá un porcentaje significativo de lluvias. A mediados del mes de septiembre vuelven las fuertes lluvias, debido al paso de estos vientos por la Zona de Confluencia Intertropical, esta temporada invernal se extiende hasta el mes de octubre, ya en los meses de noviembre y diciembre disminuyen las precipitaciones notablemente. Dicho comportamiento pluviométrico se observa a continuación, en la estación Aeropuerto El Dorado [15].

Gráfica 1. Precipitaciones mensuales promedio de la Sabana de Bogotá.



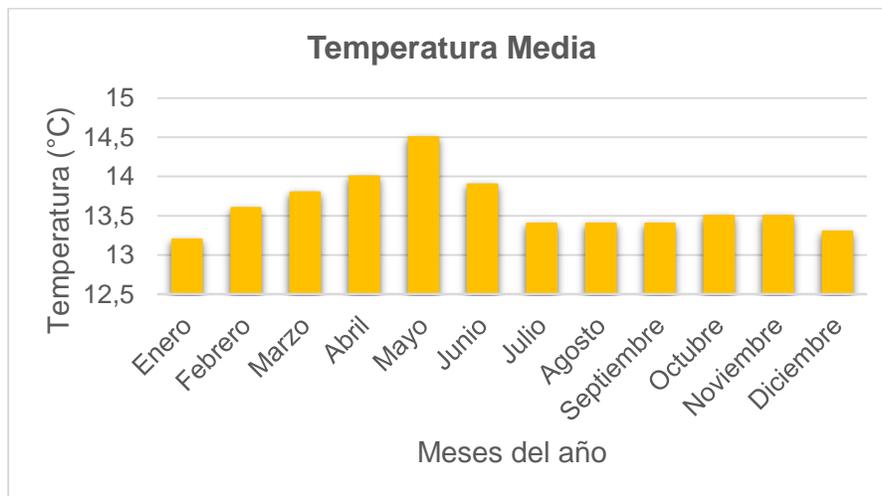
Fuente: Aeronáutica Civil, 2016 [15].

En las gráficas anteriores, observamos claramente que los primeros y últimos meses del año no son tan secos, aunque el nivel de precipitaciones es bajo, principalmente en el mes de enero. Los meses más lluviosos para las dos estaciones corresponde a mayo y octubre con precipitaciones entre 70 m.m. y 80 m.m. respectivamente y con número de días lluviosos entre los 16 y 18 [15].

2.2.2 Comportamiento de las temperaturas

En la parte occidental de la Sabana de Bogotá, las temperaturas registradas se presentan de manera similar y van aumentando a medida que se van acercando a la ciudad de Bogotá, esto se debe a la acumulación de calor por el polvo de la ciudad, la contaminación generada por el transporte y las construcciones de edificios que actúan como barreras frente al paso de los vientos. En la estación Aeropuerto El Dorado, se observa que, para el primer semestre del año, la temperatura media, varía entre los 13,2°C y los 14,1°C, siendo el segundo semestre del año el que presenta un comportamiento más similar como se muestra en la siguiente gráfica [15].

Gráfica 2. Temperatura media de la Sabana de Bogotá.



Fuente: Aeronáutica Civil, 2016 [15].

Por otro lado, se observa que los valores máximos de temperatura en la Sabana de Bogotá, se registraron en los meses de mayo y junio, mientras que las temperaturas mínimas se presentaron en el mes de enero. También es importante resaltar que, en la época de invierno o heladas, la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas es de más de 20°C [15].

2.2.3 Comportamiento de las humedades relativas

Aunque la zona occidental de la Sabana es catalogada como una de las más frías y menos lluviosas, sus humedades relativas no son bajas, sino que, por el contrario, superan el 80% del promedio anual, teniendo en cuenta su relación con la humedad

filtrada en el valle del Magdalena. Esta humedad da lugar a la generación de escarchas en las madrugadas. En la gráfica siguiente, se observa el comportamiento de la humedad relativa en la estación Aeropuerto El Dorado, en donde se evidencia que la curva se ajusta al comportamiento de las precipitaciones presentadas durante el año [15].

Gráfica 3. Humedad relativa de la Sabana de Bogotá.



Fuente: Aeronáutica Civil, 2016 [15].

Analizando el comportamiento de la anterior gráfica, se evidencia que los máximos se presentaron en el mes de noviembre y los mínimos se mantuvieron estables en los meses de julio y agosto, ya que los vientos provenientes de la zona llanera son bastantes secos [15].

2.3 Efectos del cambio climático en la Sabana de Bogotá

Según el registro paleo-palinológico del departamento de Cundinamarca, los cambios en el clima han venido causando una serie de modificaciones paisajísticas y climáticas, causadas por el aumento en las concentraciones de los gases de efecto invernadero, producto de las diferentes actividades económicas que lleva a cabo el hombre. Aquí es importante resaltar, que el cambio climático no es la mayor preocupación para los diferentes actores involucrados, sino la rapidez con que este va avanzando y los impactos negativos que va dejando a su paso [9].

Algunos de los escenarios que se plantean en relación a los efectos que trae consigo el cambio climático, están relacionados con los cambios de precipitación y temperatura esperados, dichos cambios son vistos como posibles escenarios de ocurrencia en el área de estudio. Para el período 2041 – 2070, se estima una disminución del 10% al 20% en las precipitaciones en la zona norte de la Sabana de Bogotá, contrario a las zonas occidental y central, en donde la tendencia apunta

al aumento de las lluvias hasta en un 20% y 30%. De igual manera, se estima que para el año 2050, se presenten posibles reducciones en la disponibilidad hídrica exceptuando el occidente de la Sabana [9].

En cuanto a la temperatura, también se estima un aumento progresivo de la misma en todo el departamento de Cundinamarca. De manera general, los escenarios muestran que, a finales del siglo 2071 a 2100, si se continúa con las prácticas asociadas al uso y transformación del suelo, se esperaría un aumento entre los 2°C y los 4°C, con respecto a las mediciones de temperatura reportadas actualmente [9].

De igual manera, las proyecciones en la disponibilidad hídrica, muestran que para el año 2050, la tendencia disminuirá en un 60%, en los terrenos destinados para uso agrícola del departamento de Cundinamarca. En el análisis de aptitud climática de diversos cultivos, bajo escenarios de cambio climático presentado por Eitzinger, se evidencia que para el año 2050 habrá una disminución del 13% en la aptitud climática de dichos cultivos; y las predicciones para el año 2130, apuntan a posibles cambios en los valores de aptitud para los cultivos de mango, naranja, papaya, plátano y maíz, la cual irá disminuyendo con el pasar de los años [9].

Por lo anterior, se estima que el problema principal a abordar en unos años, será la gestión apropiada del abastecimiento del agua y del riesgo de desastres por variabilidad del ciclo hidrológico relacionado con el clima y con los patrones de ocupación y uso del suelo en el departamento de Cundinamarca [9].

2.4 Componentes ecológicos del suelo

La agroecología abarca un sistema complejo integrado por diferentes estructuras, procesos y componentes, es por esto que los suelos son generalizados como subsistemas del agroecosistema del cual hacen parte. La actividad biológica del suelo es el resultado tanto de la gran cantidad de microorganismos que habitan en él, como del perfil óptimo del suelo y el edafón, que dan lugar a la nutrición de las plantas y los animales. El recurso suelo posee en su estructura, elementos minerales, rocosos y orgánicos; partículas de agua y aire entre otros [16].

En la imagen que sigue a continuación, en el área correspondiente a la materia orgánica, el 85% de los componentes corresponde al humus, el cual es el resultado de la descomposición constante de la materia orgánica; el 15% restante, es compartido por el edafón y las raíces del suelo. El edafón, es una de los elementos más importantes del manejo sostenible del suelo, ya que es el encargado de recoger los procesos de los organismos vivos que se encuentran dentro de su estructura, y que, sin ellos, no podría darse la actividad biológica ni cumplirse la relación entre sus propiedades físicas y químicas [16].

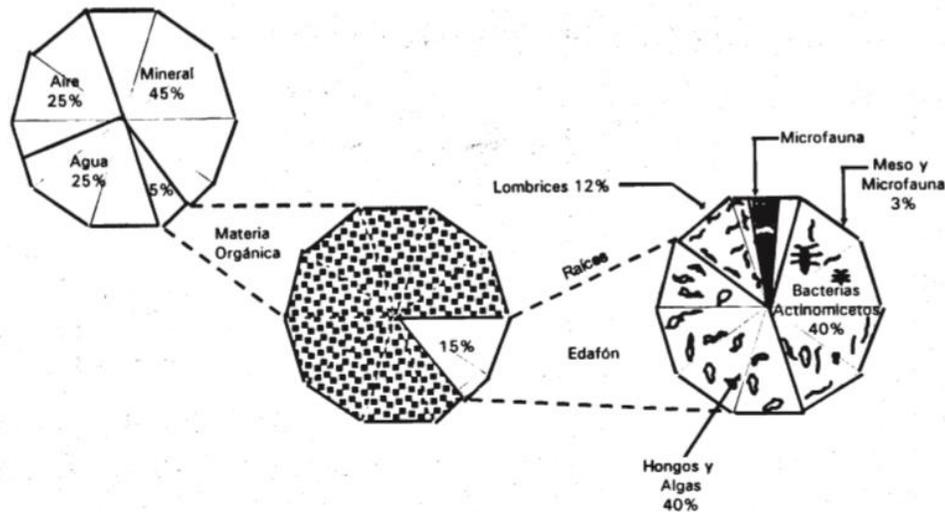


Figura 2. Composición del suelo ecológico y edafón.

Fuente: Miguel Ángel Núñez, 2000 [16].

2.5 Beneficios de la agroecología

Los aspectos que más se deben tener en cuenta en la organización de la producción agrícola son la distribución de la superficie, la reorganización de los campos en función de las características de la pendiente, la fertilización de los suelos, las necesidades de la producción y los aspectos del proceso agroecológico en transición. Es importante que la perspectiva de los sistemas agroecológicos mantenga un espacio de producción y en él un árbol, arbusto o pasto. En cuanto al eje de la producción agroecológica, este debe constar de un plan de asociación y rotación de cultivos que le permita al suelo mantener e incrementar su fertilidad [16].

La actividad ganadera debe ser cambiada, con el fin de permitir el equilibrio del sistema, controlando su movilidad y utilizando de manera eficiente el estiércol producido. De igual modo, es importante organizar en cada terreno la sucesión de los cultivos para llegar a suplir las necesidades previstas en un tiempo determinado, teniendo en cuenta la preparación del suelo y las acciones de recuperación que se deben realizar en cada secuencia [16].

De acuerdo a las problemáticas ambientales presentes en los sistemas agrícolas productivos, la propuesta y aplicación de técnicas agroecológicas deben ser sucesivas, pues se deben recuperar los suelos incluyendo su capacidad biológica portadora, lo cual toma un tiempo de dos a tres años, una vez que los suelos hayan sido regenerados su proceso pasará a ser un regulador del agroecosistema, logrando el equilibrio deseado [16].

2.6 Principios agroecológicos

En la ciencia agroecológica, los sistemas agrícolas son estudiados bajo principios ecológicos que permiten el desarrollo y direccionamiento de sus técnicas productivas, siendo la negación de una respuesta a criterios únicos y específicos, un principio fundamental de los sistemas agroecológicos, pues la lógica de su funcionamiento es multifactorial y desde su complejidad puede llegar a generar sistemas concretos para territorios con características ecológicas únicas [16].

Por lo anterior, la agroecología se basa en los siguientes principios: aumento de las tasas de reciclaje, que mantienen la cantidad de nutrientes y disminuyen las exigencias de los insumos externos; estimulación de la diversificación de sistemas agrícolas; aseguramiento de las condiciones orgánicas, biológicas y fértiles del suelo; disminución de las pérdidas en los sistemas, controlando los ciclos del agua y los nutrientes; y consideración de las bases culturales de los sistemas agrícolas tradicionales, para el diseño y fortalecimiento de los mismos [16].

2.6.1 Altas tasas de reciclaje

Es de gran utilidad establecer medidas que permitan la generación de tasas eficientes de reciclaje interno entre los diferentes componentes del sistema agrícola, para ello, es necesario realizar procesos de recirculación de los residuos de cosecha, incluyendo el estiércol animal. Esto mediante la producción de compost, el cual aporta nutrientes a los cultivos y contribuye con la conservación del recurso suelo [16].

Dar cumplimiento a dicho principio, permite cerrar los ciclos que se desarrollan dentro del agroecosistema y disminuir los requerimientos de insumos externos, mejorando de este modo, la capacidad del sistema para optimizar los niveles de fertilidad del suelo y el método de ataque de plagas y enfermedades. Cabe resaltar que las técnicas de reciclaje a implementar en la Sabana de Bogotá, deben ser adecuadas a las características del suelo de la región, ya que estos métodos no han sido puntualizados [16].

2.6.2 Estimulación de la diversificación de agroecosistemas

Otro de los principios fundamentales a tener en cuenta en un sistema agroecológico, es lograr el nivel máximo de diversificación en el mismo, ya que a mayor diversificación, mayor madurez y eficiencia en el funcionamiento de los mecanismos y controles ecológicos que lo componen, de igual manera, genera una disminución en las tasas energéticas externas que mantienen su funcionalidad [16].

Un claro ejemplo de lo anterior y para tener en cuenta en los sistemas agrícolas de la Sabana de Bogotá, es la poca existencia de ensamblajes para la incorporación de leguminosas en los procesos de rotación de cultivos o en la composición de las

praderas, para lo cual, se hace necesaria la provisión externa de nitrógeno, elemento que puede obtenerse en grandes cantidades, mediante mecanismos propios del sistema, siempre y cuando, la fijación natural esté presente y sea debidamente estimulada [16].

2.6.3 Aseguramiento de las buenas condiciones del suelo manteniendo las propiedades orgánicas, biológicas y fértiles del suelo

Para lograr el adecuado funcionamiento de los sistemas agroecológicos, es fundamental implementar un manejo del recurso suelo, orientado a proteger su estructura, prevenir la erosión y optimizar sus procesos biológicos como mecanismo esencial para mantener la base de estos sistemas. También es importante conocer la dinámica de la materia orgánica, incluyendo sus técnicas y modos de aplicación de estrategias que mejoren y estabilicen las condiciones esenciales de dicho recurso [16].

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, se considera un principio vital para los sistemas agroecológicos, adicionar constantemente materia orgánica a los suelos, mediante estrategias que se adapten a las condiciones de cada lugar y comunidad, en ese caso a las de la Sabana de Bogotá, dichas tácticas están asociadas a la recirculación del estiércol, al uso de abonos verdes y activadores biológicos, la aplicación de compost e incorporación de residuos de cosecha. Es importante mencionar que el uso y la aplicación de materia orgánica en estos sistemas ecológicamente agrícolas, tienen buenos resultados, tanto en la adición de nutrientes al suelo, como en los procesos que son considerados vitales en la generación de cultivos [16].

2.6.4 Disminución de las pérdidas del sistema cerrando los ciclos de agua y nutrientes

Un buen diseño y funcionamiento de los sistemas agroecológicos, radica en que los ciclos más importantes en la actividad agrícola sean cerrados lo más posible, excluyendo la necesidad de insumos. Para el agua, por ejemplo, siendo uno de los recursos más escasos y más utilizados en dicha actividad, se hace necesaria la implementación de sistemas multifuncionales que hagan más eficiente el uso del agua en los sistemas de riego, además de la protección de las fuentes de agua y la conservación de la humedad del suelo [16].

Algunas de las prácticas que pueden llegar a fomentar el cumplimiento de este principio son: aplicación de materia orgánica, sistemas silvopastoriles, reforestación, cultivos asociados y modificación de los sistemas de preparación de suelos, consiguiendo que estos últimos sean menos invasivos y con tiempos de barbecho muy cortos. Esto mismo sucede con los ciclos de nutrientes, los cuales requieren de cuidados desde la etapa de máximo reciclaje hasta la de la aplicación de materia orgánica, fomentando de este modo, la mineralización, la fijación y el

suministro de nitrógeno y fósforo, esto de acuerdo a las características y oportunidades propias de la región [16].

2.6.5 Consideración de las bases culturales de los sistemas agrícolas tradicionales para el diseño y fortalecimiento de los mismos

Uno de los métodos que permite fortalecer y conseguir el crecimiento de los sistemas ecológicamente agrícolas, es conocer e identificar las bases de producción de los sistemas tradicionales de la Sabana de Bogotá, incluyendo sus técnicas generacionales implementadas en tiempos asertivos y desfavorables, y desde este punto, partir a establecer si existen o no elementos culturales propios de la región, para posteriormente fusionar técnicas locales, nacionales y globales relacionadas con la agroecología, con el único objetivo de que dichos sistemas respondan a los requerimientos exigidos por sus comunidades y en su territorio [16].

2.7 Técnicas agroecológicas

El objetivo principal de un sistema de producción agrícola, consiste en mantener estables las condiciones biológicas del suelo, proporcionando de este modo, cultivos sanos y sostenibles, es por esto que se hace necesario mantener la relación entre suelo sano – cultivo, mediante la promoción y conservación de los nutrientes de este recurso, especialmente en los suelos con pendientes elevadas, donde se requiere de un mayor control de la erosión y uso del agua. Algunas de las técnicas agroecológicas que pueden llegar a implementar los campesinos de la Sabana de Bogotá en sus cultivos son los siguientes: labranza ecológica, fertilización orgánica, asociación y rotación de cultivos, riego ecológico, manejo integrado de plagas y enfermedades y control de malezas [17].

2.7.1 Labranza ecológica

A lo largo del presente estudio, y entendiendo los principios ecológicos involucrados en el uso del suelo, se ha establecido la importancia que tienen los microorganismos, las propiedades fisicoquímicas y la promoción de los nutrientes en la actividad biológica del mismo. Un ejemplo de ello, es la actividad constante de las lombrices y bacterias, su capacidad de respirar dando cumplimiento a cada uno de sus ciclos biológicos y la interacción que tienen estas con los nutrientes y raíces de los cultivos. Es por esto, que los procesos que allí se generan y las condiciones de vida apropiadas para reproducirse y llevar a cabo los ciclos de vida, son aspectos importantes a la hora de dar cumplimiento a los objetivos de los ciclos ecológicos del suelo [17].

Contrario a lo exigido y realizado en la agricultura tradicional, el uso sostenible del suelo, requiere de una labranza más rigurosa y cuidadosa, por tanto, se hace necesario elegir técnicas adecuadas que permitan la eficiencia de los ciclos biológicos y la permanencia de los procesos bioestructurales del suelo. Para esto se deben tener presentes las siguientes prácticas de labranza: baja presión del

suelo, duración corta, activación del edafón y de las propiedades físicas y químicas del suelo con el objetivo de potencializar la germinación y desarrollo de los cultivos y bajo uso energético [17].

Es válido aclarar que no existen condiciones únicas para determinar una labranza adecuada, sin embargo, ésta debe estar relacionada con las propiedades agroecológicas y la diversidad de los ecosistemas en función del suelo y sus propiedades, es por esto, que se recomienda partir de los siguientes principios: utilizar elementos que no afecten la actividad biológica del suelo; disminuir los procesos de labranza en los suelos impermeables, secos y duros; preparar el suelo lo más pronto posible, evitando que la actividad del edafón se desequilibre; y tener en cuenta que una labranza profunda y que debilite el suelo, es efectiva siempre y cuando las raíces del cultivo cumplan de manera agilizada la función de soporte bioestructural [17].

2.7.2 Fertilización orgánica

Dado el grado de deterioro de los suelos para la producción de cultivos, es necesario establecer un plan de fertilización variado y completo, encaminado a incrementar la capacidad del suelo para producir alimentos. Esto depende de la eficiencia de la actividad biológica del suelo, la cantidad de nutrientes, el almacenamiento de agua, los niveles de erosión y el espacio requerido para la extensión de las raíces [16].

Es importante determinar que las principales fuentes de materia orgánica son los residuos generados por la actividad ganadera tales como: orina, estiércol, plumas, huesos, pelos y sangre; los generados por los procesos agrícolas como: despojos de cultivos, podas y malezas, hojas, ramas, aserrín y cenizas; y los residuos orgánicos producto de la actividad humana [16].

Como ya se sabe, la materia orgánica cumple un papel importante en el manejo ecológico del suelo, ya que ésta proporciona un suministro de nutrientes esenciales para el crecimiento de los cultivos, los cuales proceden de procesos de degradación de los residuos orgánicos de origen animal y vegetal, de igual modo, es fuente de alimento para los microorganismos del suelo, incrementa la capacidad de éste para retener la humedad, optimiza la bioestructura del mismo y por ende el crecimiento de las raíces de los cultivos, aumenta la desintegración de los nutrientes de los compuestos y sustancias del suelo durante la transformación en minerales solubles capaces de ser absorbidos por las plantas y contribuye a que éstas sean más fuertes a la hora de resistir a plagas y enfermedades [17].

2.7.3 Asociación y rotación de cultivos

Las asociaciones de cultivos son consideradas alternativas efectivas y de bajo costo que permiten incrementar la productividad de los cultivos. Esta práctica consiste en sembrar dos o más tipos de alimentos en un mismo terreno como beneficio mutuo entre las dos especies. Los tipos de asociaciones de cultivos son: mezclados,

cuando el terreno se siembra al azar; intercalados, cuando la planta se siembra a una determinada distancia entre un surco y el otro; y en parcelas, cuando los cultivos son sembrados en parcelas intercalándolos por las fajas [17].

La asociación de cultivos trae consigo varios beneficios entre los cuales está la reducción de los procesos de labranza y del uso de maquinaria, evitando problemas de compactación del suelo. Por otro lado, el diseño del policultivo, con diferentes tamaños de hoja y tallo, permite la intersección lenta del agua; minimiza el tiempo de retención, ayudando a suspender la humedad; reduce la intensidad de la luz que llega al suelo; mejora la fertilidad del suelo; el intercambio de nutrientes se hace más estable; la carga de materia orgánica es más constante; el gasto de energía es menor; y las actividades de comercialización se incrementan [17].

En cuanto a la rotación de cultivos, ésta técnica consiste en la siembra de diversos cultivos que se van dando en el tiempo con el fin de mantener la fertilidad del suelo. Estos cultivos deben ser rotados mediante la combinación del diseño de la planta y la diferenciación de las raíces con las necesidades nutricionales. Los beneficios de la rotación de cultivos son: mantener el suelo cubierto, permitir un mayor aprovechamiento del espacio del cultivo a lo largo del tiempo, promover el equilibrio biológico, evitando plagas y enfermedades, hacer uso de los rastrojos después de la cosecha y generar un costo más bajo de producción [17].

2.7.4 Riego ecológico

Como ya se ha mencionado anteriormente, un manejo ecológico del suelo ayuda a proteger, conservar y regular el agua del recurso, es por esto, que tanto la relación suelo-planta como la relación aire-agua, como característica principal de un suelo sano, deben encontrarse en continuo balance. El riego ecológico tiene como objetivo surtir a las plantas de la humedad necesaria para su desarrollo. Éste riego debe realizarse a grandes profundidades para que el suelo como organismo vivo contribuya con la distribución uniforme del agua en la superficie. Es importante que el agua alcance a penetrar las capas más profundas del suelo en donde se encuentran las raíces de las plantas [17].

Cabe resaltar, que un suelo que esté bien regado, puede llegar a absorber el agua en un tiempo inferior a los diez segundos, y para llegar a ello, es recomendable tener en cuenta las siguientes consideraciones: no regar poca agua constantemente; no realizar riegos cuando la temperatura esté alta, se recomienda hacerlo en horas de la tarde cuando no haya evaporación; es importante tener conocimiento previo de los cultivos y de los procesos de manejo ecológico del suelo; mantener el suelo con cantidades proporcionales de humus para retener mayor cantidad de agua, tener presente que cada sistema agrícola y sus fases es diferente, por lo que cada cultivo requiere de cantidades de agua diferentes para su riego, no hacer uso de agrotóxicos y regar con agua natural [17].

Existen tres tipos de riego: gravedad, riego convencional distribuido de manera uniforme por surcos y camas; goteo, riego tecnificado, mediante el cual se logra un mayor porcentaje de ahorro de agua, sin embargo, se requiere de un gran consumo de energía y sus costos son elevados, es eficiente en la manera en que se riega el lugar exacto donde la planta requiere de agua; y aspersión, riego que utiliza el aire con manguera y surtidor, su procedimiento es sencillo pero consume altas cantidades de agua debido al proceso de vaporación [17].

2.7.5 Manejo integrado de plagas y enfermedades

Los sistemas de control integrado de plagas y enfermedades, no permiten que estos factores vuelvan a reincidir en los cultivos. Estos controles pueden realizarse mediante la combinación de cultivos, prácticas culturales y desarrollo de técnicas de defensa de la planta ante cualquier tipo de ataque de una enfermedad o plaga. Haciendo énfasis en lo descrito anteriormente, una salud óptima del suelo, es decir, si éste tiene resistencia en su estructura, composición y proceso de desarrollo y crece en un sistema ecológicamente agrícola, el cultivo podrá responder más ágilmente ante cualquier adversidad de este tipo [17].

Para obtener una mayor eficiencia en el control de las plagas y enfermedades presentes en los cultivos de la Sabana de Bogotá sin generar otro tipo de problemática ambiental, se recomienda el uso de insecticidas biológicos, los cuales están elaborados a base de microorganismos que se encuentran de forma natural y que ayudan a contrarrestar las infecciones de las plantas, sin generar daños sobre la salud humana y el medio ambiente [17].

2.7.6 Control de malezas

Generalmente los campesinos de la Sabana de Bogotá piensan que las malezas, como su nombre lo indica, pueden llegar a acabar con la producción de sus cultivos, sin embargo, las malezas tienen su razón de ser y son de gran utilidad en la agricultura ya que proporcionan protección al suelo, controlan los procesos de acidificación y erosión del suelo, transportan y reciclan los nutrientes, se adaptan más fácilmente al agroecosistema, y contrarrestan más ágilmente los ataques de las plagas y enfermedades [17].

Los daños que pueden llegar a causar estas malezas sobre los cultivos son los siguientes: generan dificultades en la labranza del suelo, ocasionan enfermedades en los mismos, compiten por nutrientes, agua, luz solar y dióxido de carbono (CO_2), haciendo que el rendimiento de los cultivos sea menor. Para el control de estas malezas y por ende de las problemáticas generadas se recomienda: limpiar las semillas de los cultivos, asegurar la fertilidad del suelo, utilizar abonos orgánicos o cultivos de cobertura, asociar y rotar los cultivos, aplicar agua caliente sobre estos y crear coberturas diversas [17].

2.8 CONCLUSIONES

- Algunos aspectos como la mantención de la biodiversidad, la preservación de cultivos tradicionales, la conservación de la productividad de los suelos, entre otros, han estado lejanos y han sido duramente impactados por los sistemas agrícolas tradicionales, así como el manejo y uso racional del recurso agua, la inocuidad de los alimentos y la permanencia de una diversidad productiva que tiene un estrecho vínculo con el respeto y protección del recurso suelo y sus procesos culturales.
- Las técnicas agroecológicas asociadas con la labranza ecológica, fertilización orgánica, asociación y rotación de cultivos, riego ecológico, manejo integrado de plagas y enfermedades y control de malezas, actúan como barreras de amortiguación frente a los diferentes impactos ambientales generados por el cambio climático en la Sabana de Bogotá, ya que mantienen y optimizan los procesos bioestructurales del suelo.
- Las técnicas agroecológicas nombradas anteriormente se establecen bajo cinco principios fundamentales asociados a las altas tasas de reciclaje, estimulación de la diversificación de agroecosistemas, aseguramiento de las buenas condiciones del suelo, cierre de los ciclos del agua y los nutrientes y consideración de las bases culturales de los sistemas agrícolas tradicionales, los cuales permiten el desarrollo sostenible del suelo y por ende de los cultivos.
- Los elementos más importantes en la organización de la producción agrícola son la distribución de la superficie, la reorganización de los campos en función de las características de la pendiente, la fertilización de los suelos, las necesidades de la producción y los aspectos del proceso agroecológico en transición.

2.9 BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. D. Pabón, «El Cambio Climático Global y su Manifestación en Colombia,» *Cuadernos de Geografía*, vol. 12, nº 1 - 2, pp. 111 - 119, 2003.
- [2] M. Guzmán Hennessey, «Cambio climático,» de *La generación del cambio climático una aproximación desde el enfoque del caos*, Bogotá, Universidad del Rosario, 2010, p. 19.
- [3] K. D. González Velandia y K. C. Galera Gelvez, «Efectos del cambio climático sobre la producción de papa en el municipio de Villapinzón (Cundinamarca -

Colombia) a partir del Enfoque Ricardino,» *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, vol. 5, nº 1, pp. 231 - 242, 2014.

- [4] V. Makuvaro, S. Walker, T. Phillip y J. Dimes, «Smallholder farmer perceived effects of climate change on agricultural productivity and adaptation strategies,» *Journal of Arid Environments*, vol. 152, pp. 75 - 82, 2018.
- [5] V. Karimi, E. Karimi y M. Keshavarz, «Cambio climático y agricultura: impactos y respuestas adaptativas en Irán,» *Journal of Integrative Agriculture*, vol. 17, nº 1, pp. 1 - 16, 2018.
- [6] M. Altieri y C. Nichols, «Los impactos del cambio climático sobre las comunidades campesinas y de agricultores tradicionales y sus respuestas adaptativas,» *Agroecología*, vol. 3, pp. 7 - 28, 2008.
- [7] A. López Feldman y D. Hernández Cortés, «Cambio climático y agricultura: una revisión de la literatura con énfasis en América Latina,» *El trimestre económico*, vol. LXXXIII, nº 332, pp. 459 - 496, 2016.
- [8] K. Mora Pacheco, «Los agricultores y ganaderos de la Sabana de Bogotá frente a las fluctuaciones climáticas del siglo XXI,» *Fronteras de la Historia*, vol. 20, nº 1, pp. 14 - 42, 2015.
- [9] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, «IDEAM,» 2014. [En línea]. Available: http://www.ideam.gov.co/documents/40860/609198/Policy+paper_05_Vulnerabilidad+de+la+Regi%C3%B3n+Capital.pdf/4b603362-a58b-4a8b-898d-4df500b2536f?version=1.0. [Último acceso: 22 Agosto 2018].
- [10] L. A. V. Marín, «La agroecología: una estrategia para afrontar el cambio climático,» *Libre Empresa*, vol. 17, nº 1, pp. 125 - 138, 2012.
- [11] M. Altieri, «Universidad de California,» 2016. [En línea]. Available: http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/user_arquivos_64/Agroecologia_-_principios_y_estrategias.pdf. [Último acceso: 23 Agosto 2018].
- [12] F. Velandia, «INGEOMINAS,» 29 Diciembre 2013. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/249315401_Hidrogeologia_regional_de_la_Sabana_de_Bogota. [Último acceso: Septiembre 13 2018].
- [13] S. K. Gonzalez, «Estudios urbanos y ciencias sociales,» 14 Abril 2015. [En línea]. Available: <http://www2.ual.es/RedURBS/BlogURBS/tecnoburbios-en-la-Sabana-de-bogota-parte-1/>. [Último acceso: 13 Septiembre 2018].
- [14] Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, «MINAGRICULTURA,» 2014. [En línea]. Available:

file:///C:/Users/paulaliseth/Documents/Downloads/Gr%C3%A1ficas%20agricultura%20Cundinamarca.pdf. [Último acceso: 13 Septiembre 2018].

- [15] Aeronáutica Civil, «Análisis técnico de la viabilidad operacional y elaboración del plan maestro para el proyecto El Dorado II,» 2016. [En línea]. Available: <ftp://ftp.ani.gov.co/Aeropuerto%20Eldorado%20II%20-Estructuraci%C3%B3n/ESTUDIO%20DE%20VIABILIDAD%20T%C3%89CNICO%20OPERACIONAL%20FASE%20I/EDII%20-%20Fase%20I,%20Capitulo%201.%20Estudios%20de%20Campo/EDII%20-%20Fase%20I,%20Capitulo%201.pdf>. [Último acceso: 4 Octubre 2018].
- [16] A. Infante Lira y K. San Marín Fuentes, «Manual de Producción Agroecológica,» Noviembre 2016. [En línea]. Available: <http://www.mandateunapapa.org/wp-content/uploads/2017/04/ManualDeProduccionAgroecologica.pdf>. [Último acceso: 30 Octubre 2018].
- [17] Miguel Núñez, «Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente,» 2000. [En línea]. [Último acceso: 2 Noviembre 2018].