

Análisis conceptual del uso agrícola del suelo: Su incidencia en la sostenibilidad

Fecha de recepción: 09/10/2007

Fecha de aceptación: 10/10/2007

Maldané Cuello Espinosa¹

El suelo es uno de los recursos que, en condiciones ambientalmente normales, bien puede llenar las expectativas de poder llevar a la praxis tan anhelada descripción, integrando con perspectiva de sistema agrícola los tres elementos claves que la componen: el elemento social, el económico y el ambiental.

Palabras clave

Uso del suelo, desarrollo sostenible, sostenibilidad económica, sostenibilidad social, sostenibilidad ambiental, agricultura sostenible.

Key words

Soil use, Sustainable development, Economic sustainability, Social sustainability, Sustainable agriculture Environmental sustainability.

Resumen

El tema del desarrollo sostenible ha sido muy discutido y analizado en las últimas décadas; no obstante, aún no se ha desarrollado satisfactoriamente; se inició en el año de 1987 con el informe Brundtland denominado Nuestro futuro común, de la Comisión Mundial para el Medio Ambiente. En el informe se puntualiza y se define concretamente al desarrollo sostenible como: “Satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de satisfacer las futuras

generaciones”. En la actualidad, casi todas las personas coinciden con tan importante definición; sin embargo, no se ha plasmado a los niveles que se requiere para deshacer los trances que se exhiben en ese sentido a escala mundial, fruto de los ambiciosos intereses particulares.

El suelo es uno de los recursos que, en condiciones ambientalmente normales, bien puede llenar las expectativas de poder llevar a la praxis tan anhelada descripción, integrando con perspectiva de sistema agrícola los tres elementos claves que la componen: el elemento social, el económico y el ambiental.

El desarrollo de los sistemas agrícolas y sus aplicaciones e implicaciones en el proceso de la sostenibilidad, trae consigo cambios considerables en términos social, económico y ambiental, que, indudablemente, contribuye a tan anhelado proceso, en el sentido de poder lograr un cambio en el entorno común, alcanzando a armonizar la naturaleza, los beneficios económicos y las necesidades de la población.

1. Ingeniera civil, con maestría en Manejo de Cuencas Hidrográficas, Investigadora del Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales CONIAF-República Dominicana, estudiante de doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo. Correo electrónico: maldanee@hotmail.com

Abstract

The subject of sustainable development has been very discussed and analyzed in the last decades, however, it has not yet been developed satisfactorily, it began in the year 1987 with the denominated Brundtland report Our Common Future of the World-wide Commission for the Environment. In the report, sustainable development is emphasized and is concretely defined as: "To satisfy the present necessities without jeopardizing the capacity to satisfy the future generations". At the present time almost everybody concurs in being in agreement with such an important definition, nevertheless, it has not been shaped at the levels that are required to undo the critical moments that are exhibited in that sense at a world-wide level, product of ambitious particular interests.

The ground is one of the resources that in environmentally normal conditions can well fill the expectations of being able to make praxis of such a yearned description, integrating with a perspective of an agricultural system the three key elements that compose it: the social element, the economic and the environmental one.

The development of agricultural systems and its applications and implications in the process of the sustainability brings with itself considerable changes in social, economic and environmental terms, that doubtlessly contribute to such a yearned for process, in the sense of being able to obtain change in the common surroundings, being able to harmonize nature, the economic benefits and the needs of the population.

Incidencia del uso agrícola del suelo en la sostenibilidad social

"Más de 500 millones de personas sufren malnutrición y hambre a causa de la pobreza. El gran desafío para este siglo

XXI es alcanzar un nivel de producción que garantice suficientes alimentos para la población mundial. Cada vez es más difícil alcanzar este reto con una población mundial que sobrepasa los 6 000 millones de habitantes y con unos recursos como el suelo, el agua y los recursos genéticos que se están degradando debido a la sobreexplotación" (Moreno 2004).

La forma más directa para garantizar producir alimentos está ligada al suelo, tratándose del espacio físico idóneo para desarrollar la producción. Es evidente entonces que dependiendo del uso que se le dé, se ampliará o no la brecha del mencionado reto.

Según Escobar (2003), "la relación entre pobreza y degradación ambiental es estrecha y compleja, y está caracterizada por procesos de mutua causalidad, que no siempre permiten discernir en situaciones concreta cuál de ellas actúa como causa y cuál resulta ser el efecto". La pobreza está estrechamente ligada a la degradación del suelo, por lo que para lograr reducirla se hace imperante plantear y desarrollar una serie de estrategias orientadas a darle uso con visión de sostenibilidad. La identificación de las estrategias depende, en primera instancia, del grado y la forma de degradado y sus consecuentes efectos en los niveles de vida de las personas.

Uno de los mecanismos o más viable para armonizar la relación del uso del suelo con las condiciones de vida de las personas es la educación ambiental. Esta expresión es corroborada por Octavio de Jesús (2004), al referirse a la aplicación de una encuesta después del desarrollo de un programa de educación ambiental en Mozambique, Cuba: "la exploración de la factibilidad, la sostenibilidad, las posibilidades reales de aplicación, así como el perfeccionamiento de la herramienta didáctico-metodológico para su implementación, son favorables y satisfactorios". Lo que significa que en término de aplicabilidad esta herramienta juega un importante papel en la difícil

tarea de alcanzar niveles de producción que garanticen a través del tiempo alimentos para la población mundial, y con ello incursionar en el proceso de la sostenibilidad a nivel social.

“Todavía no se puede conceptualizar en sentido absoluto el uso sostenible del suelo, pero sí se puede claramente observar en el campo lo que no es sostenible en el uso actual de los recursos” (Richters 1995). Además, se pueden percibir las condiciones en que viven las personas que dependen de ellos, así como lograr sentar las bases para el diseño de propuestas tendientes a ajustar la relación del suelo con los demás elementos de su entorno de la manera más conveniente.

Analizar la relación entre el uso del suelo desde el punto de vista agrícola con la sostenibilidad social es importante, por un lado, porque de alguna manera emerge el fundamento de la descripción conceptual del uso sostenible, y por otro, se pone de manifiesto la gran inquietud sobre la necesidad de darle un buen uso para garantizar o asegurar los alimentos del futuro.

Incidencia del uso agrícola del suelo en la sostenibilidad económica

El uso apropiado del suelo quizás no genere de manera tangible ni directamente o en primera instancia recursos económicos a la población, pero el hecho de que sus condiciones agroecológicas vayan mejorando en el tiempo, aseguran que los recursos económicos invertidos en las actividades productivas sean más exitosas, en el sentido de que las exigencias de los sistemas implementados en él tengan garantizado sus requerimientos físicos y químicos. Esto significa, que si fuerzas externas que puedan alterar la producción no existen, indudablemente las condiciones de uso del suelo incidirían en el beneficio económico esperado.

La definición del desarrollo sostenible de Richard Carpenter (1987), citado por Eric Richters (1995): “Proceso de cambio para satisfacer las necesidades de la gente, como definida por ellos mismos, sin disminuir el potencial para satisfacer sus necesidades, las de otras sociedades ni las de generaciones futuras”, se articula con este análisis, ante la importancia otorgada al buen uso del suelo en el proceso de sostenibilidad.

Es evidente que la satisfacción o complacencia de las necesidades humanas de esta y las futuras generaciones se hagan en función del mejoramiento progresivo de sus ingresos económicos; además mundialmente está establecido que los recursos naturales son básicos en los procesos productivos que definen las economías, donde el suelo es el recurso fundamental para que ello ocurra. Es por esta razón que el uso dado al suelo puede ser un mecanismo determinante para lograr las implicaciones que tienen el elemento económico en el proceso de la sostenibilidad.

El creciente interés en mantener la calidad del suelo ha sido estimulado por el conocimiento renovado sobre la importancia de su condición, la incidencia en la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola y la calidad del medio ambiente.

Las inquietudes de relacionar el suelo con la sostenibilidad han generado un evidente cambio de actitud en las personas. En múltiples experiencias a escala mundial, el suelo ha sido degradado por el uso de sistemas agrícolas cuyo único fin ha sido la obtención de ingresos económicos, sin considerar tratamientos que eviten su degradación; luego de dejar de percibir las ganancias económicas, se cambia de actitud y se desiste de las prácticas usuales, de modo que ya llega a relacionar el estado del recurso con los ingresos percibidos.

El creciente interés en mantener la calidad del suelo ha sido estimulado por el conocimiento renovado sobre la importancia de su condición, la incidencia en la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola y la calidad del medio ambiente.

Si bien es cierto que existe una relación cíclica entre lo económico y lo humano con la producción agrícola en un sistema agronómico, no menos cierto es que las primeras tienen dependencia directa con la forma y modo de desarrollar la tercera. Si la condición del suelo es apta para obtener productos de buena calidad, entonces los beneficios económicos y la característica del producto consumido son igualmente apreciados.

Los ecosistemas naturales proveen una serie de valiosos servicios ambientales que, debido a una deficiente administración y a la carencia de incentivos económicos para preservarlos, con frecuencia acaban perdiéndose (Pagiola 2002). Ese desequilibrio traducido en insatisfacción económica ha hecho emerger nuevos criterios y enfoques para manejar los ecosistemas naturales, donde el suelo es uno de los recursos más atendidos en los últimos años, por su estrecha relación con la disponibilidad de agua y de alimentos. Ello implica que el estado del suelo es una condición importante para lograr la sostenibilidad en un sistema.

Es tanta la reciprocidad que existe entre el uso del suelo con el elemento económico y el nivel de vida de las personas, que se hace imperiosa la necesidad de un uso óptimo; tanto que en las últimas décadas se estableció la alternativa de los Pagos por los Servicios Ambientales (PSA), los cuales son un componente negociable entre el cobrar por conservar o manejar los recursos por un lado, y pagar el beneficio adquirido de los recursos por otro. Los PSA son “un mecanismo de compensación económica por medio del cual los beneficiarios o usuarios del servicio hacen un pago a los proveedores o custodios del servicio” (Riveros, 2001).

En cualquier caso, la importancia dada al uso del suelo y su relación con la actividad económica a largo plazo, es hoy más alta que en cualquier momento del pasado.

Incidencia del uso agrícola del suelo en la sostenibilidad ambiental

“Para la sostenibilidad del medio ambiente, es fundamental que los recursos naturales se utilicen de forma inteligente y que se protejan los ecosistemas complejos, de los que depende nuestra supervivencia. Debe tenerse en cuenta que la sostenibilidad no podrá lograrse con

los modelos actuales de consumo y uso de recursos. Los suelos se están degradando a un ritmo alarmante.” (PNUD 2005). La sostenibilidad ambiental exige reducir al mínimo los efectos adversos sobre la calidad del suelo, por lo que las políticas orientadas al uso agrícola son fundamentales para crear las condiciones requeridas por ese componente en el desarrollo.

Si bien es cierto que existe una relación cíclica entre lo económico y lo humano con la producción agrícola en un sistema agronómico, no menos cierto es que las primeras tienen dependencia directa con la forma y modo de desarrollar la tercera. Si la condición del suelo es apta para obtener productos de buena calidad, entonces los beneficios económicos y la característica del producto consumido son igualmente apreciados.

Es interesante la nueva modalidad que se tiene para conservar el suelo, por medio del desarrollo de sistemas de cultivos agrícolas, de acuerdo con su vocación o capacidad de uso. Este criterio de usar el suelo es una alternativa sencilla, que bien se puede adoptar en la finca, la cual puede tener efectos positivos en la sostenibilidad del recurso, ya que con su implementación se reduce la presión a que es comúnmente sometido, ante la demanda de tener que tratar de suministrar lo que él no contiene. Ese uso prudente del suelo es muestra del cambio de pensamiento frente a la necesidad patente de conservarlo y protegerlo.

Diversas opiniones coinciden en el alto grado de deterioro en que se encuentran los suelos a escalas regionales. “Si se siguen desarrollando prácticas incorrectas, la agricultura puede ser sorprendentemente perjudicial para el medio ambiente, especialmente para el suelo. Un análisis general sobre la agricultura mundial, realizado por el Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias (IFPRI), indica que cerca del

Hay una disyuntiva real y concreta en relación en el uso del suelo que se debe despejar: seguir cultivando en él sin ningún criterio, solo con intenciones de utilizarlo sin pensar que se trata de un recurso limitado, o cambiar de actitud y manejarlo, cuidarlo y conservarlo con criterios íntegramente innovadores para que su capacidad de uso sea perdurable.

40% de la superficie agrícola del mundo está muy degradada. Los científicos del IFPRI están preocupados por el hecho de que esta superficie pueda estar tan perjudicada como para afectar la producción de alimentos” (Reto Global N.º1 2004). Esto implica que ante el deterioro ambiental de los suelos, existe gran preocupación por conocer sobre su severidad y causas. Tener conciencia acerca de la realidad en torno a la situación real del estado del suelo, amerita de rápidas y acertadas alternativas para contrarrestar una situación adversa. Una respuesta factible son los sistemas agrícolas con enfoques sostenibles, lo que permite integrar todas las acciones hacia el fin común de conservar el suelo y adquirir ingresos económicos, hecho que incide directamente en el estado emocional del ser humano.

Hay una disyuntiva real y concreta en relación en el uso del suelo que se debe despejar: seguir cultivando en él sin ningún criterio, solo con intenciones de utilizarlo sin pensar que se trata de un recurso limitado, o cambiar de actitud y manejarlo, cuidarlo y conservarlo con criterios íntegramente innovadores para que su capacidad de uso sea perdurable.

Incidencia de la agroecología y el subsistema suelo en la sostenibilidad

La Agroecología es la ciencia que provee los principios ecológicos para el diseño y manejo de sistemas agrícolas que sean sostenibles y que conserven recursos (Altieri, 2001). La operabilidad de esta definición va orientada al uso de una metodología necesaria para desarrollar una agricultura que por un lado sea ambientalmente adecuada, y por otro, altamente productiva y equitativa. Si se

incluyen los elementos anteriormente mencionados en el desarrollo agrícola, este se convierte en un sistema alternativo de sostenibilidad.

“El concepto de agricultura sostenible es una respuesta relevante reciente a la declinación de la calidad de la base de los recursos naturales asociada con la agricultura moderna. En la actualidad, la cuestión de la producción agrícola ha evolucionado desde una forma puramente técnica hacia una más compleja, caracterizada por dimensiones sociales, culturales, políticas y económicas” (Altieri, 2001). La complejidad de la producción sostenible descansa básicamente en aspectos culturales sobre el uso de los recursos naturales, sin pensar que pueden llegar a deteriorarse, y mucho menos creer en su agotamiento permanente y en el desequilibrio del sistema.

En tal sentido, las condiciones prevalecientes del suelo deben ser adecuadas para que cumpla su función como subsistema, en el sentido de que no reste operabilidad y calidad a las condiciones de vida de la sociedad. Es por esta razón que las actividades y los criterios comunes que se tienen universalmente sobre el modelo de la Agroecología y su incidencia en el subsistema suelo, son determinantes para hacer posible el desarrollo de la agricultura sostenible como sistema de producción, ante la patente realidad de dar respuesta acerca de cómo hacer para utilizar el suelo sin deteriorarlo al tiempo de satisfacer la demanda de alimentos para el consumo humano.

La respuesta debe buscar desarrollar sistemas o modelos de manejo de los recursos, que permitan considerar integralmente la agricultura, el suelo, a los agricultores y el potencial existente;

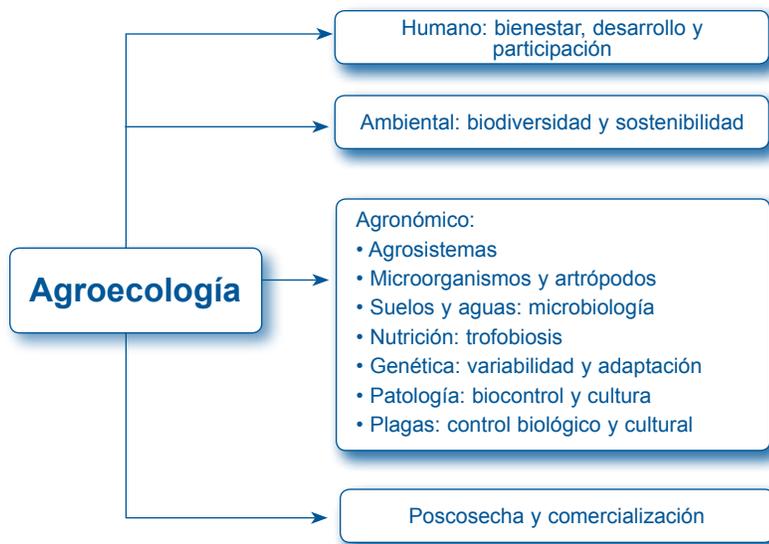


Figura 1. Componentes de un sistema agroecológico

Fuente: Luis Hernández, 2007.

este último como un elemento clave por medio del cual los agricultores que se dispongan a cosechar privilegien las condiciones del suelo, de manera que esté en mejores condiciones para un nuevo uso, tal se ilustra en la figura 1.

En un sistema agroecológico, el suelo y las actividades asociadas a él se ubican dentro sistema agronómico. En torno a ellos se facilitan condiciones humanas, ambientales y económicas, que permiten cierta estabilidad en cada uno de los elementos que lo compone. Existe cierta interrelación que no puede ser excluyente, ya que cada acción, no importa en qué dimensión se ejecute, tendrá un efecto directo o indirecto en el desempeño y en el estado de cada elemento, siendo así el sistema agroecológico una alternativa viable para lograr la sostenibilidad y el desarrollo en el sistema.

Bibliografía

- Altieri, Miguel. 2001. "Agroecología. Principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables", en *El camino hacia una agricultura sustentable*. CIED. Lima Perú.
- Altieri, M. Rosset, P. y Thrupp, I. 2001. "El potencial de la agroecología para combatir el hambre en el mundo en desarrollo", en *El potencial de la Agroecología para combatir el hambre*. CIED. Lima Perú.
- Reiche, C. y Carls, J. 1996. *Alternatives for Sustainable Agriculture: Windows of Sustainability*. IICA/BMZ/GTZ. Costa Rica.
- De Jesús, Octavio, 2004. *Educación Ambiental. Política y Estrategia*. Tricontinental. Cuba.
- Escobar, J. y Swinton, S. 2003. "Degradación ambiental: Relación entre pobreza y degradación ambiental", en *Pobreza y Deterioro Ambiental en América Latina*. RIMISP. Chile. También disponible en: www.rimisp.cl/getdoc.php?docid=857
- Hernández, Luis. 2007. *Agroecología: Sistema de los equilibrios, fuente de sostenibilidad y bienestar. Una alternativa para el mejoramiento de los principales agroecosistemas tropicales*. Cali, Colombia. También disponible en: <http://www.ciat.cgiar.org/agroempresas/pdf/agroecologia.pdf>
- Informe de la Naciones Unidas. 2005. "Objetivo 7. Garantizar la Sostenibilidad del Medio Ambiente" en *Objetivos del Desarrollo del Milenio*. DPI/2390. Nueva York, EE. UU.
- Jara, Carlos. 1997. *Desarrollo Sostenible. Experiencia de Fernambuco, Brasil*. IICA/ BMZ/GTZ. San José Costa Rica.
- Moneo, Marta. 2004. *Clima y Alimentos. Predicciones del futuro*. Environmental Science Publisher for Everybody Round the Earth. Madrid España. También disponible en: <http://www.atmosphere.mpg.de/enid/1ta.html>.
- Pagiola, E. y Platias, G. 2002. "Pagos por Servicios Ambientales", en *Estrategia de Medio Ambiente Nota 3*. Banco Mundial. Disponible en: www.rlc.fao.org/foro/psa/pdf/pagiola.pdf
- Reto Global N.º 1. 2004. Sostenibilidad de la Superficie Agrícola útil en *Informe 2004 sobre el compromiso de Monsanto*. <http://www.monsanto.es/compromiso/sostenibilidad.pdf>
- Richters, Eric. 1995. *Manejo del uso de la tierra en América Central. Hacia el Aprovechamiento Sostenible del Recurso Tierra*. IICAA. San José Costa Rica.

Diferenciación genética en *Hura crepitans* L.

Fecha de recepción: 09/10/2007

Fecha de aceptación: 10/10/2007

Jaime Rivero Moreno¹

Botánicamente, el ochoó siempre ha sido descrito como una única especie; sin embargo, en el sector maderero de Bolivia se hace una clara distinción entre el “ochoó blanco” y el “ochoó negro”, debido a que la madera proveniente de algunos árboles presenta características diferentes, como una tonalidad más oscura de la madera, propiedades físico-mecánicas mejores (mayor dureza y densidad, mejor trabajabilidad, etc.)

Palabras clave

Hura crepitans, ADN total, electroforesis, ochoó.

Key words

Huracrepitans, totalDNA, Electrophoresis, Possumwood.

Resumen

El género Hura es exclusivamente neotropical, con dos representantes: Hura crepitans L. (ochoó), de amplia distribución en la América tropical y en la mayoría de las islas del Caribe, y Hura polyandra Bayllon, restringida a la América Central, desde Costa Rica hasta México.

Botánicamente, el ochoó siempre ha sido descrito como una única especie; sin embargo, en el sector maderero de Bolivia se hace una clara distinción entre el “ochoó blanco” y el “ochoó negro”, debido a que la madera proveniente de algunos árboles presenta características diferentes, como una tonalidad más oscura de la madera, propiedades físico-mecánicas

mejores (mayor dureza y densidad, mejor trabajabilidad, etc.) y en el bosque se pueden diferenciar ambas variedades por la abundancia de espinas en la corteza y otras características externas.

El presente trabajo tiene por objetivo principal establecer algunas diferencias genéticas entre ambas “variedades”, mediante un ensayo de ADN total con electroforesis, para justificar así una investigación más profunda que pueda determinar si las diferencias son causa de una variación genética (especie, variedad, etc.).

Abstract

The Hura genus is exclusively Neotropical with two representatives: Hura crepitans L. (possumwood) of wide distribution in the tropical America and in most of the islands of the Caribbean and Hura polyandra Bayllon, restricted the Central America, from Costa Rica to Mexico.

Botanically the possumwood has always been described as an only species, however, in the lumberman sector of Bolivia a clear distinction is made

1. Escuela de Ciencias Forestales, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba-Bolivia. Correo electrónico: proesfor@umss.edu.bo

between the “white possumwood” and the “black possumwood” , because the wood coming from some trees presents different characteristic, like a darker tonality of the wood, better physical-mechanical properties (more hardness and density, better machining, etc.) and in the forest it can differ to both varieties for the abundance of thorns in the bark and other external characteristics.

The present work has for main objective to establish some genetic differences among both “varieties”, making a rehearsal of total DNA by means of electrophoresis, to justify this way a deeper investigation that can settle down if the differences are cause of a genetic variation (species, variety, etc.).

El presente trabajo tiene por objetivo principal establecer algunas diferencias genéticas entre ambas “variedades”, para justificar así una investigación más profunda que pueda determinar si las diferencias son causa de una variación genética (especie, variedad, etc.) o inducidas por factores ambientales (clima, suelo, etc.).

Introducción

El género Hura es exclusivamente neotropical con dos representantes: Hura crepitans L. (ochoó) de amplia distribución en la América tropical y en la mayoría de las islas del Caribe, y Hura polyandra Bayllon, restringida a la América Central, desde Costa Rica hasta México.

El ochoó es una especie muy abundante en los bosques naturales de la región amazónica y preandina-amazónica de Bolivia, pudiéndose encontrar un volumen medio de 23,73 m³/ha (Barany, et al., 2003).

Desde el año 1998, el 50% de la extracción forestal en Bolivia estuvo concentrada en 6 especies: ochoó (Hura crepitans), cedro (Cedrela odorata), roble (Amburana cearensis), cambará (Erisma uncinatum), yesquero (Cariniana estrellensis) y serebó (Schizolobium parahybum), el ochoó donde representa un 15% del volumen total aprovechado, constituyéndose esta como la principal especie maderable en Bolivia en términos de producción anual (USAID, 2002; Zapata, 2001).

Esta es una de las pocas especies de madera blanca y blanda que exporta Bolivia como producto elaborado y semielaborado, por lo que cuenta con una demanda considerable en el mercado interno y externo. Esta elevada demanda puede ocasionar una erosión genética de la especie, así como una rápida disminución del recurso forestal, debido a que es una especie de lento a mediano crecimiento y se debe asegurar su permanencia en el bosque, mediante árboles semilleros, enriquecimiento de bosques y plantaciones forestales.

Botánicamente, el ochoó siempre ha sido descrito como una única especie; sin embargo, en el sector maderero de Bolivia se hace una clara distinción entre el “ochoó blanco” y el “ochoó negro” (BOLFOR, 2000), debido a que la madera proveniente de algunos árboles presenta características diferentes, como una tonalidad más oscura de la madera, propiedades físico-mecánicas mejores (mayor dureza y densidad, mejor trabajabilidad, etc.) y en el bosque se puede diferenciar a ambas variedades por la abundancia de espinas en la corteza y otras características externas.

Esta clara diferenciación puede deberse a: 1) Diferente grado de madurez de la madera, a causa de procesos de transformación fisiológicos normales de la madera; 2) Influencia de sitio, como el suelo, clima, presencia de plagas, etc. y, 3) Diferente identidad genética, como otra especie o variedad.

El presente trabajo tiene por objetivo principal establecer algunas diferencias genéticas entre ambas “variedades”, para justificar así una investigación más profunda que pueda determinar si las diferencias son causa de una variación genética (especie, variedad, etc.) o inducidas por factores ambientales (clima, suelo, etc.).

De manera tradicional, la identificación de especies se ha basado en descriptores

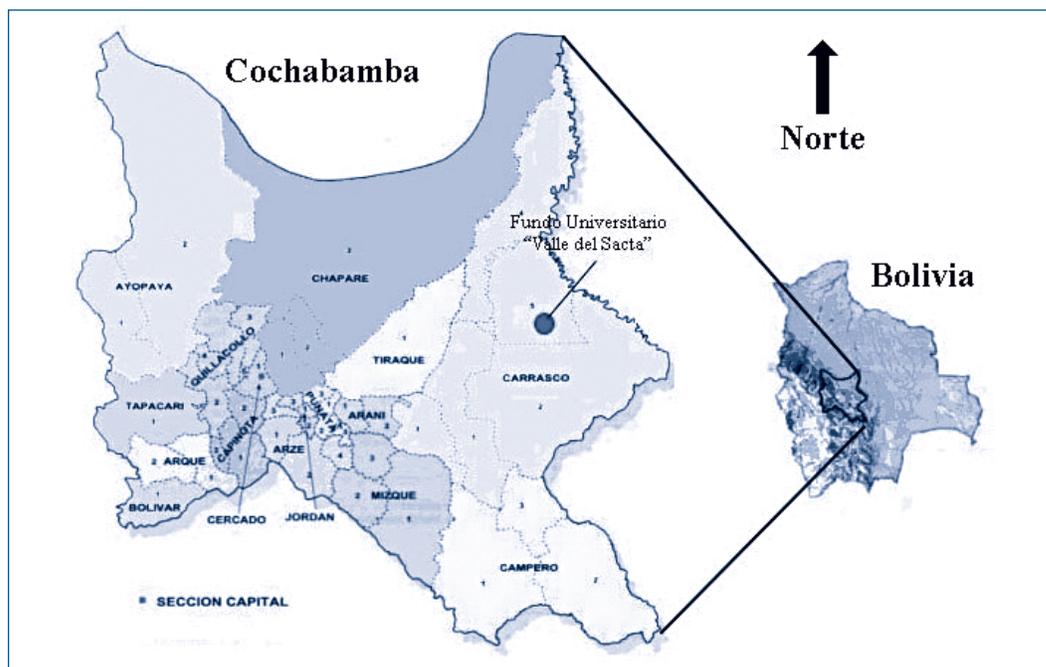


Figura 1. Ubicación del Valle del Sacta en Bolivia.

morfológicos, fenológicos y fisiológicos que, en determinadas circunstancias, resultan ambiguos e insuficientes para lograr una caracterización precisa (Torales & Marcucci, 2002).

Gracias a que existe variación a escala individual, poblacional y específica, es posible encontrar atributos heredables que hacen posible inferir si los semaforontes o variantes bajo examen pertenecen o no al mismo organismo, a la misma población o a la misma especie. La individualidad de estas tres entidades no siempre es tan evidente y obvia, especialmente en poblaciones y especies, por lo que se necesitan marcadores cuya presencia común sea indicadora de conexión ontogenética, genética o histórica (González, 2007).

Los marcadores moleculares se detectan por medio de una serie de métodos que exploran la variación de los organismos en proteínas o ADN globalmente y en un locus o varios loci en particular. Los métodos que exploran la variación de los organismos en proteínas o ADN

han ayudado a detectar polimorfismo a escala individual, poblacional o específico. Esto ha favorecido la investigación de problemas ecológicos o sistemáticos, como paternidad, diversidad genética, heterocigosidad, variación geográfica, hibridación, delimitación geográfica de especies, especiación y filogenias de especies, entre otros. El método seleccionado también debe ser reproducible, de ensayo rápido y sencillo y de fácil acceso. Actualmente, no existe algún marcador molecular que satisfaga todos estos criterios. Por lo tanto, para un estudio comparativo de la variación, ya sea ecológico o taxonómico, es necesario seleccionar algún marcador que por lo menos combine algunas de estas propiedades (González, 2007).

Metodología

Características generales del área de estudio

Las muestras fueron colectadas en el fundo universitario "Valle del Sacta", el cual se

encuentra limitado por los paralelos 17° 31' 30" y 17° 07' 30" de latitud sur, y los meridianos 64° 47' 10" y 64° 31' 05" de longitud oeste (figura 1); con elevaciones de 195 a 250 m, precipitación promedio de 3 179 mm/año, con una máxima anual de 4 549 mm y una mínima anual de 2 183 mm. Las lluvias se concentran principalmente en los meses de octubre a marzo. La temperatura promedio anual es de 23 °C. Los suelos son de origen aluvial, de textura fina (francosos) en los primeros 20 cm, y arcillosos en el nivel subsuperficial entre los 20 y 50 cm de profundidad, muy ácidos, con más de 60% de saturación de aluminio y con una baja capacidad de proveer potasio, menos de 0,24 meq/100 g (Macías, 1993).

Selección de especímenes y preparación de muestras

Las muestras se extrajeron de árboles presentes en el bosque natural del fundo. Se seleccionaron cuatro árboles en total, dos identificados por el matero¹ como "ochoó blanco" y dos como "ochoó negro", teniendo como criterios el que los árboles sean sanos, maduros y representativos en diámetro. De los árboles seleccionados, se colectaron ramas con hojas y yemas frescas, para poder extraer ADN del tejido vegetal vivo.

Las muestras fueron correctamente identificadas y embolsadas para evitar que se dessequen durante su traslado hasta el laboratorio de micropropagación de la Escuela de Ciencias Forestales, ubicado en la ciudad de Cochabamba (Bolivia).

Extracción de ADN

Se procedió a extraer el ADN de las muestras, siguiendo el protocolo establecido por Doyle & Doyle. (1990), para lo cual se realizaron los siguientes pasos:

1. Calentar un baño María a 65 °C.

1. Matero: Persona del lugar que puede identificar empíricamente distintos tipos de árboles por sus características morfológicas.

2. Marcar debidamente una serie de tubos eppendorf (de acuerdo con la cantidad de muestras) y añadir a cada uno de ellos 700 µl de tampón CTAB 2X y 2 µl de 2-mercaptoetanol. Conservar los tubos el hielo.
3. Moler el tejido con nitrógeno líquido en morteros previamente enfriados hasta obtener un polvo fino.
4. Transferir rápidamente más o menos 100 mg de tejido molido a los tubos eppendorf, conteniendo el tampón CTAB, mezclar inmediatamente. Conservar los tubos en hielo hasta finalizar la serie.
5. Incubar las muestras en baño María a 65 °C durante 45 minutos, agitar suavemente las muestras cada 5 a 10 minutos para homogeneizar la suspensión.
6. Mientras se incuba, preparar dos juegos de tubos eppendorf para cada muestra, identificados con su nombre correspondiente.
7. Luego de la incubación, agregar 700 µl de cloroformo/isoamilalcohol (24:1) a cada tubo. Mezclar vigorosamente durante 5 minutos a fin de formar una emulsión homogénea.
8. Centrifugar las muestras durante 5 minutos a 10 000 r.p.m. de preferencia a 4 °C. Sacar los tubos de la centrifuga con cuidado para evitar que se mezclen las fases, transferir el sobrenadante (aprox. 700 µl) a un tubo eppendorf nuevo, teniendo cuidado de no absorber la interfase.
9. Repetir los pasos 7 y 8.
10. Recuperar el sobrenadante final en tubo eppendorf, estimando la cantidad recuperada (aprox. 400 µl). Agregar un volumen igual de isopropanol a cada tubo. Invertir los tubos vigorosamente

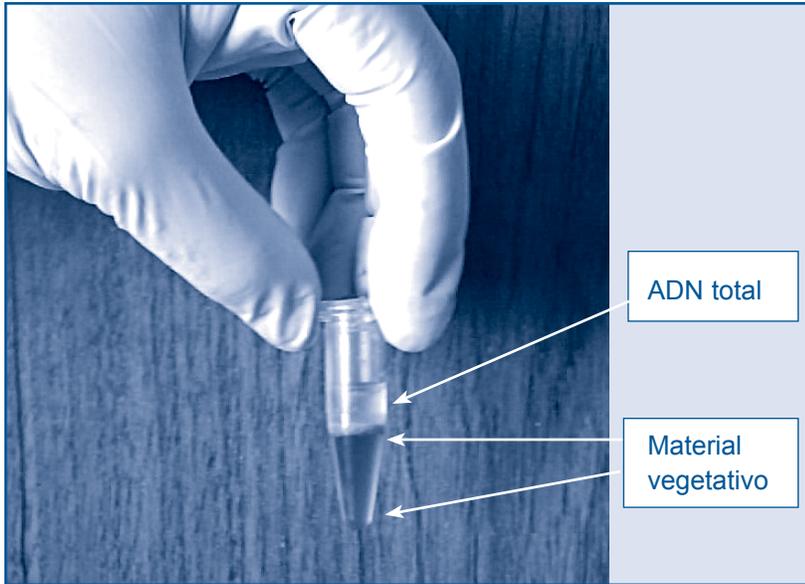


Figura 2. ADN extraído de las muestras de *Hura crepitans*.

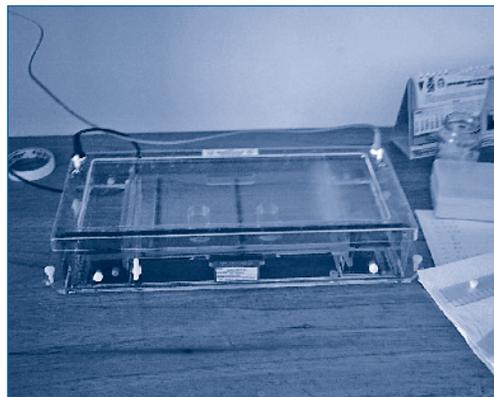


Figura 3. Equipo de electroforesis

4 a 5 veces para precipitar el ADN.

11. Centrifugar a 10 000 r.p.m. durante 5 minutos a temperatura ambiente. Eliminar el sobrenadante con cuidado para no perder el precipitado de ADN.
12. Lavar el precipitado de ADN con 500 μ l de etanol frío al 75%, mínimo 2 minutos por muestra. Centrifugar las muestras a 10 000 r.p.m. a temperatura ambiente. Eliminar con cuidado el etanol. Este lavado se puede realizar 2 veces, dependiendo del tejido (p.e.,

chirimoya).

13. Secar el precipitado, dejando los tubos abiertos.
14. Disolver el precipitado en 60 μ l de agua destilada estéril y agregar 0,6 μ l de RNAasa (10 mg/mL). Incubar en baño María a 37 °C durante 1 hora.
15. Conservar el ADN disuelto a -20 °C para su uso posterior.

Cuantificación del ADN mediante electroforesis en gel de agarosa

De acuerdo con el protocolo establecido por Doyle & Doyle. (1990), en el siguiente procedimiento:

1. Ensamblar la cubeta de electroforesis.
2. Preparar gel de agarosa de acuerdo con la concentración y tamaño deseado:
3. Hervir la mezcla de agarosa en un horno microondas, luego enfriar la solución a 60 °C aproximadamente.
4. Vaciar la solución a la cubeta y dejar melificar al menos 30 min.
5. Para cada muestra, marcar un tubo eppendorf y depositar en el 8 μ L de agua destilada 1 μ L de ADN total y 1 μ L de tampón de cargado (1mL de tampón de cargado + 8 μ l de syber green).
6. En el caso de productos PCR, colocar 5 μ L de la reacción en un tubo eppendorf y 0,5 μ l de tampón de cargado (1mL de tampón de cargado + 8 μ L de syber green):
7. Depositar suavemente las muestras en los pocillos del gel.
8. Colocar en un pocillo el marcador de peso molecular de 10 000 pares de bases.
9. Aplicar la corriente (5V/cm)
10. Dejar migrar hasta que el azul de bromofenol alcance la parte inferior del gel.

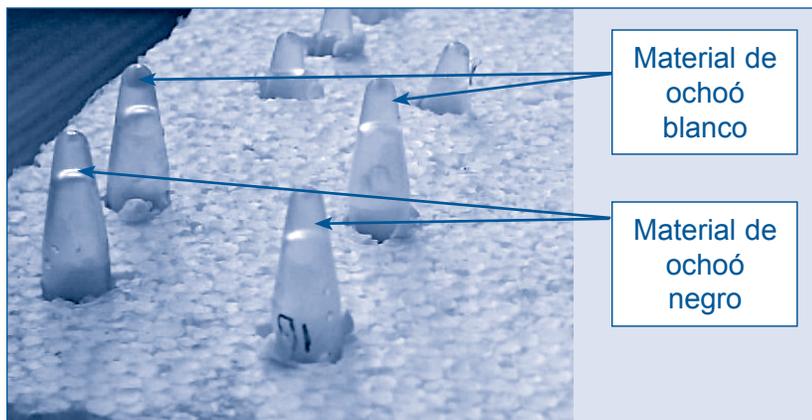
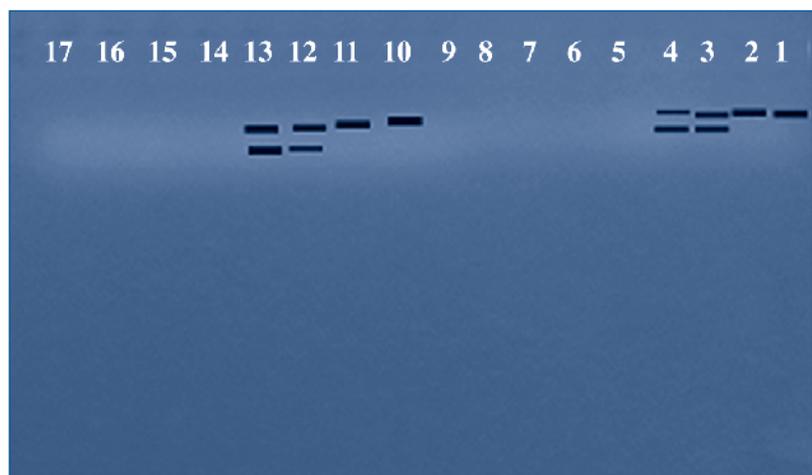


Figura 4. Coloración de ADN extraído de las muestras de ochoó blanco y ochoó negro.



Columnas 1,2,10 y 11: ochoó negro.
Columnas 3,4,12 y 13: ochoó blanco.

Figura 5. Bandas de ADN obtenidas mediante proceso de electroforesis en ochoó.

11. Sacar cuidadosamente el gel y colocarlo sobre la fuente de luz ultravioleta.

12. Fotografiar e interpretar los resultados.

Resultados y discusión

Durante el proceso de extracción del ADN total de las muestras, se nota una coloración diferente entre el extraído de

las muestras de ochoó blanco y ochoó negro, como se aprecia en la figura 4.

En el proceso de migración del ADN mediante la electroforesis, se puede notar claramente una diferencia concreta en las bandas desplazadas por ambas "variedades" de ochoó.

Conclusiones

Si bien este ensayo se realizó de manera preliminar con el objetivo de evidenciar diferencias genéticas entre las variedades de ochoó, conocidos vulgarmente como ochoó negro y ochoó blanco, de estas primeras observaciones podemos inferir que efectivamente existen diferencias entre ambas variedades, por lo que se ve justificada la realización de nuevos ensayos que contemplen mayor cantidad de muestras y la utilización de metodologías más completas y exactas de marcadores moleculares como los microsatélites.

Bibliografía

- Barany, M.; Hammett, A.L. & Araman, P. "Lesser used wood species of Bolivia and their relevance to sustainable forest management". *Forest Products Journal* vol. 53 N.º 7/8. Virginia, USA. 2003.
- Bolfor; Justiniano J. & Fredericksen, T. *Ecología y silvicultura de especies menos conocidas-Ochoó, Hura crepitans L, Euphorbiaceae*. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible Bolfor. Santa Cruz, Bolivia. 2000.
- Doyle & Doyle, 1990. "Isolation of DNA from small amounts of plant tissues". *BRL Focus* 12: 13-15
- González, M.D. Instituto de Ecología A.C. 2007. <http://www.ecologia.edu.mx/lineas/sistemat/Sistemat.htm>
- Torales, S. & Marcucci, S. *Identificación Genética de Clones utilizando Microsatélites*. Instituto de Recursos Biológicos, CNIA, INTA. Entre Ríos, Argentina. 2002.
- USDA, ARS. *National Genetic Resources Program. Germplasm Resources Information Network - (GRIN)*. National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. 2007.