



DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA

**Estrategias de desarrollo sostenible en la provincia y cuenca
transfronteriza de Pedernales (República Dominicana-Haití):
disponibilidad de los servicios ambientales y
explotación de los recursos**

**Memoria presentada para optar al grado de Doctor
por la Universidad de Alcalá**

Stervins Alexis

Alcalá de Henares, abril de 2008



Universidad
de Alcalá



DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA

**DEPARTAMENTO DE
ECOLOGÍA DE SISTEMAS**

Ana Jesús Hernández Sánchez, profesora titular de Ecología de la Universidad de Alcalá

Jesús Pastor Piñeiro, Investigador Científico del Consejo Superior de Investigaciones científicas (CSIC).

HACEN CONSTAR:

Que el trabajo descrito en la presente memoria titulada **“Estrategias de desarrollo sostenible en la provincia y cuenca transfronteriza de Pedernales (República Dominicana-Haití): disponibilidad de los servicios ambientales y explotación de los recursos”**, ha sido realizado bajo su dirección por D. Stervins Alexis, Ingeniero Civil haitiano, en el Departamento de Ecología de la Universidad de Alcalá y en el Departamento de Ecología de Sistemas del Instituto de Recursos Naturales del Centro de Ciencias Medioambientales del CSIC en Madrid, y reúne todos los requisitos necesarios para su aprobación como Tesis Doctoral.

Alcalá de Henares, a 23 de abril de 2008

Dra. Ana Jesús Hernández Sánchez
Directora de la tesis

Dr. Jesús Pastor Piñeiro
Codirector de la tesis



Universidad
de Alcalá

DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA

Miguel Ángel Fernández Rodríguez, Profesor Titular de Ecología de la Universidad de Alcalá y Director del Departamento de Ecología,

HACE CONSTAR:

Que el trabajo descrito en la presente memoria titulado **“Estrategias de desarrollo sostenible en la provincia y cuenca transfronteriza de Pedernales (República Dominicana-Haití): disponibilidad de los servicios ambientales y explotación de los recursos”**, ha sido realizado por D. Stervins Alexis dentro del programa de Doctorado **“Cambio Global y Desarrollo sostenible”** adscrito al Departamento de Ecología, y reúne todos los requisitos necesarios para su aprobación como Tesis Doctoral.

Alcalá de Henares, a 23 de abril de 2008




Dr. Miguel Ángel Rodríguez Fernández

Je dédie cette thèse à la mémoire de mon père
Albert Alexis

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que me han ayudado durante la realización de esta Tesis Doctoral y que, en definitiva, la han hecho posible.

Mi primera gratitud a la Dra. Ana Jesús Hernández, profesora de Ecología de la Universidad de Alcalá y Directora de este trabajo, por su lealtad en la palabra dada de llevar a término esta labor nada fácil, dadas mis circunstancias laborales y lejanía de país, así como por su constante interés y el proporcionarme motivación científica y metodología de la investigación. Sin lugar a dudas me ha transmitido su concepto de respeto, rigor y de compromiso personal hacia el trabajo de investigación. También quiero agradecer su faceta humana y su disponibilidad absoluta siempre que lo he requerido, especialmente por su acompañamiento en los muestreos y recogida de suelos y plantas; y así mismo por trasmitirme sus conocimientos de la realidad natural y social dominicana.

No es menor mi agradecimiento al Dr. Jesús Pastor Piñeiro, Investigador Científico del Departamento de Ecología de Sistemas del Instituto de Recursos Naturales del Centro de Ciencias Medioambientales (CCMA del CSIC) de Madrid y Co-director de este trabajo, por su ayuda en todo el proceso analítico de los suelos e interpretación de los tratamientos numéricos de los datos. Sus sugerencias, siempre llenas de sentido común y científico, pero sobre todo su buen humor, tan necesario para sobrellevar los vaivenes anímicos que acarrearán estos trabajos de investigación, han sido esenciales.

Los muchos análisis han sido costeados gracias al apoyo económico de los siguientes proyectos de I+D: REN2002-02501/TECNO del M^oCyT; 1.2-046/2005/3-B del M^oMA; al CTM2005-02165/TECNO del MEC y al Programa EIADES de la Comunidad de Madrid. También quiero agradecer a la Dirección General de Inmigración y Cooperación al Desarrollo de la Comunidad de Madrid su apoyo económico para la adquisición de equipo científico y materiales informáticos mediante el proyecto de Asistencia Directa con la UPM titulado “Experiencia piloto de asesoramiento técnico por Internet de las contrapartes locales de la Cooperación de la Comunidad de Madrid sobre evaluación ambiental, planificación territorial, desarrollo rural y prevención de riesgos. A estos organismos españoles pues, mi agradecimiento.

Un especial reconocimiento al Centro Cultural Poveda en la República Dominicana, que ha hecho posible, en gran medida, el soporte logístico del trabajo y el gran aporte bibliográfico latinoamericano facilitado, así como al Instituto de Investigación Socioeducativa de Santo Domingo. Muchas gracias a toda la gente de ambas instituciones.

De igual forma quiero agradecer al CCMA todas sus facilidades para los ensayos experimentales. Y más concretamente a la Dra. Camina Vizcayno del Dpto. de Suelos su aporte al estudio de identificación mineralógica de las arcillas; al Dr. Ricardo Castelló del Dpto. de Contaminación Ambiental, su aportación en materias geológicas, sobre todo por su contribución a la litología de la zona de estudio; al personal del Servicio de Análisis, y en especial a Octavio Cadenilla y M^a José Villoslada por las ayudas en las determinaciones analíticas químicas y físicas de los suelos, a las que se ha unido la eficacia de Pilar Carmona en relación a la sistematización y control de tantas muestras. También al personal de la biblioteca de este centro, expreso mi gratitud por su amabilidad para facilitarme todo tipo de documentación científica requerida. Mención especial quiero hacer a la becaria M^a Jesús Gutiérrez, por su inestimable ayuda en la monitorización de los bioensayos y preparación de muestras vegetales para análisis.

Al Dr. Luís Gonzaga, profesor del Dpto de Ingeniería Forestal de la UPM, agradezco su particular amistad e inestimable ayuda en la elaboración de modelos de planificación territorial, juntamente con el apoyo y sugerencias recibidas del Dr. Antonio Gracia Abril, profesor del mismo departamento y la ayuda prestada por otra profesora del mismo, Dra. Cristina Pascual, para la aplicación de las técnicas geoestadísticas. Así mismo, al compañero dominicano fallecido, D. Johnse Díaz, por su extraordinaria ayuda con la confección de los mapas.

Todo lo que vale la pena en la vida se consigue con la suma de muchas manos. Por ello es justo también agradecer a mi mujer Andrea Peña Cornielle, a mis hijas Hoara, Carmen, Shara y a toda mi familia por su colaboración y paciencia.

Je voudrais aussi remercier mes chers parents, Madame Albert Alexis, née Fanélise Oscar, mes frères et sœurs Joseph Enock, Jean Kesnel, Marie Claude, Gérard, Marqueline et Albertin, mes neveux et nièces, cousins et cousines, pour leur capacité de m'écouter, pour leur confiance, leur soutien inconditionnel dans toutes mes décisions.

Pour terminer, je ne peux oublier mes amis et compagnons de la Fondation Macaya pour le Développement Local, les Organisations Communautaires de Bases de Randel, zone tampon du Parque National Macaya, pour leur appui et soutien dans ce chemin aussi long que nous avons initié. Un spécial remerciement à Bruno Mentor Directeur exécutif, Saint Joie Gorguette premier vice président, Roseline Nouailles deuxième vice président et Marie Ange Saint Fleur secrétaire général de la fondation.

Un agradecimiento especial al arquitecto D. Álvaro Hernández por su paciencia y su colaboración en los proyectos de desarrollo que hemos llevado a cabo en el territorio de estudio y que tanta fuente de conocimientos empíricos me ha proporcionado durante estos años.

Reitero mis excusas a todas aquellas personas que han quedado sin nominar en estos agradecimientos; no por ello voy a olvidar su contribución de mil formas diferentes a que este trabajo llegase al final: gente de Pedernales, Anse-à-Pitre, campesinos y agricultores de la cuenca y un largo etc.

RESUMEN

La investigación realizada en el territorio que ocupa la provincia y cuenca de Pedernales (República Dominicana-Haití) en relación al estudio de posibles estrategias para su desarrollo sostenible, ha implicado realizar varios estudios de diagnóstico desde la perspectiva natural y social. La dispersión de escasos datos y de fuentes de documentación, ha conllevado reunir y sistematizar los conocimientos de que se disponía para esta zona. El análisis de los mismos ha conducido a extraer los principales ejes en los que se ha centrado la investigación posterior: suelos, agroecosistemas, cuenca hidrográfica y sostenibilidad de cultivos.

Cuando se había comenzado este trabajo fue declarada por la UNESCO la reserva de la Biosfera *Jaragua.Bahoruco-Enriquillo*, primera y, hasta ahora única, en el país dominicano que goza de esta categoría de conservación, y en la que la provincia de Pedernales queda toda ella ubicada. Esta cuestión ha implicado un mayor compromiso para que esta investigación tuviese en cuenta los servicios que aportan sus ecosistemas terrestres. Así, se han estudiado los suelos de las principales unidades paisajísticas y de sus usos más frecuentes, ya que este recurso natural resultaba prácticamente desconocido para los ecosistemas.

Nuestro trabajo aporta una cuantificación bastante completa de los parámetros físicos y químicos de la capa superficial de 79 muestras de suelo en el territorio. Entre los parámetros físicos medimos los porcentajes de arena, limo y arcilla para conocer la textura de los suelos y, además, siete fracciones granulométricas (obtenidas por láser), agregados e inestabilidad estructural. En cuanto a la retención del agua de los suelos, el punto de marchitez, la capacidad de campo y el agua útil. Entre los parámetros químicos: pH, M.O., N total, razón C/N, conductividad eléctrica, elementos cambiables, pseudototales disponibles para las plantas y solubles; aniones (carbonatos, nitratos, nitritos, cloruros, fosfatos y sulfatos). Estudiamos también las características de los materiales geológicos encontrados en la capa superficial de los diferentes suelos, así como la mineralogía de las arcillas existentes en los mismos.

Todos los parámetros edáficos aludidos se relacionan en primer lugar, con la fertilidad y con factores químicos limitantes, como son la carencia o el exceso de algunos metales y la salinidad, así como con el manejo habitual de los suelos, siendo todo ello indicadores de procesos de erosión, degradación, lavado y pérdida de nutrientes. Pensamos que estos resultados son una importante contribución no solo para los suelos dominicanos, sino para todos los tropicales.

Otro núcleo de estudio ha estado centrado en los agroecosistemas, ya que nos encontramos en un medio totalmente rural. Hemos combinado así, estudios de campo, con otros procedentes de la percepción de los agricultores y campesinos (aplicando técnicas sociales), así como con estudios de laboratorio y en ambientes controlados (bioensayos). El principal objetivo estriba en conocer la respuesta o comportamiento de los principales cultivos para las poblaciones humanas y animales del territorio a los metales pesados presentes en los suelos.

El contenido de metales pesados analizados en un total de 79 muestras de la capa superficial de suelos correspondientes a los bosques tropicales presentes en este territorio y de sus usos más frecuentes, nos ha llevado a situarnos ante la problemática de los mismos y la salud. El origen de estos contaminantes está vinculado esencialmente a procesos geoedáficos más que a impactos antrópicos en un territorio que alberga tanto áreas núcleo, como de agricultura intensiva y de amortiguamiento de esta reserva de la biosfera dominicana, y en las que se sitúan tanto explotaciones mineras (bauxita y caliza), como agrícolas y ganaderas. La hipótesis de que metales pesados producidos

por una acción geoquímica en algunos de estos ecosistemas tropicales pueda estar relacionada no solo con la productividad del sistema, sino también con la salud humana y animal, nos ha conducido a estudiar la biodisponibilidad por parte de los principales cultivos que son fuente primaria de la alimentación humana y forrajera en dicho territorio. Por ello se presenta también el estudio experimental utilizando distintos tipos de bioensayos, especialmente en microcosmos, con suelos elegidos en base a la presencia de varios metales y semillas procedentes de los cultivos originarios mayoritarios en la zona: habichuelas, guandules (*Cajanus cajan*), maíz y sorgo (*Sorgo bicolor*). Estos cultivos sirven para la alimentación humana, de herbívoros (cabras esencialmente y vacas) y de otros animales domésticos (gallinas y cerdos), e incluso los restos de los mismos son empleados por los campesinos como abono orgánico. La compleja red trófica por la que circulan los metales procedentes de la acción geoquímica en estos ecosistemas tropicales, los convierte en escenarios reales adecuados para estudios de las relaciones entre salud ambiental y salud humana.

Aunque nos encontramos ante una primera aproximación al tema, se muestran los primeros resultados relacionados tanto con los niveles de metales en la parte aérea de las plantas (fundamentalmente hojas y grano por su aporte alimenticio), como otros datos correspondientes a la composición de las aguas y características de los suelos. Además, se muestran algunos resultados obtenidos mediante microscopía electrónica de barrido, con el fin de ver qué órganos vegetales pueden acumular más unos metales que otros. Por último, se hace una discusión de los resultados desde una perspectiva de las ecopatologías que producen los metales pesados procedentes de la capa superficial del suelo y que afectan a la salud de los agroecosistemas y a la salud animal y humana.

Por último, nos hemos aproximado a tres tipos de líneas estratégicas que, deducidas de los resultados expuestos anteriormente, pensamos pueden contribuir a un desarrollo sostenible en la zona de estudio, articuladas con los servicios aportados por sus ecosistemas terrestres: (i) protocolo metodológico con herramientas SIG que incluyan datos edáficos; (ii) restauración ecológica de espacios degradados; y (iii) planificación de una educación ambiental contextualizada.

Palabras clave: suelos tropicales (fertilidad, metales, aniones, erosión, degradación), bosques tropicales, agroecosistemas (cultivos, plantas silvestres, composición mineral de semillas, nutrición mineral de plantas, salud), ecopatologías, SIG, percepción ambiental, desarrollo sostenible

ABSTRACT

Our research into possible strategies for the sustainable development of the the province and basin of Pedernales (Dominican Republic-Haiti) has involved several diagnostic studies of the region's social and environmental problems. The wide dispersion of few data and documentation sources has meant a concerted effort to compile and systemize existing knowledge available for this region. Based on this information, our investigations have focused on the areas: soils, agroecosystems, the hydrographic basin and crop sustainability.

After embarking on this study, the UNESCO declared the *Jaragua-Bahoruco-Enriquillo* region a Biosphere Reserve, the first and only reserve in the Dominican Republic to enjoy this category of conservation; the entire Pedernales province is found in this reserve. This has determined a greater commitment to consider the services provided by its terrestrial ecosystems. Analysis has been made of the soils of the main landscape units and their most common uses, since the ecosystems of this natural resource were largely unknown.

Our work provides a fairly complete quantification of the physical and chemical properties of 79 topsoil samples collected across the terrain. Among the physical variables, we determined percentages of sand, silt and clay to establish the texture of the soils as well as seven granulometry fractions (measured by Diffractometry laser), aggregates and structural instability in terms of the soil's water retention, wilting point, field capacity and available water. The chemical properties determined were: pH, OM, total N, C/N ratio, electrical conductivity, exchangeable elements, their available, pseudototal and soluble levels, and anions (carbonates, nitrates, nitrites, chlorides, phosphates and sulphates). We also examined the properties of the geological materials found in the top layers of the different soils along with the mineral composition of their clays.

All the edaphic variables mentioned can be related firstly to soil fertility and to limiting chemical factors, such as the lack or excess of certain metals or soil salinity, as well to common soil management practices as indicators of soil erosion, degradation, leaching and nutrient losses. We feel these results are an important contribution with implications for a lot of tropical soils.

Another of our lines of study has centered on the rural agroecosystems of this region. Through field studies, interviews (in which the views of farmers and locals were recorded), laboratory and controlled-environment experiments (bioassays), we strived to determine the response of the main crops to the heavy metals present in the soils.

The high heavy metal contents of the 79 topsoil samples obtained from tropical forests along with their most common land uses, prompted us to address this problem and its effects on health. The source of these metals is essentially linked to geodaphic processes more than human impacts in a region that comprises core, intensive agriculture and buffer areas of the reserve, harbouring mines (bauxite and limestone), crops and livestock. The hypothesis that heavy metals liberated by geochemical actions in some of these tropical ecosystems could be related both to their productivity and to human and animal health, led us to assess metal bioavailability in the main crops, as the primary source of food or fodder.

This study presents an experimental design in which microcosms were set up using soils selected according to the known presence of several metals (Cd, Cr, Cu, Zn, Ni and Al) and seeds obtained from the original crops in the area: kidney beans (*Phaseolus vulgaris*), the legume "guandules" (*Cajanus cajan*), corn (*Zea mays*) and sorghum

(*Sorghum bicolor*). These crops are consumed by humans, herbivores (goats mainly and cows) and other animals (e.g. hens and pigs); crop remains are even used as organic fertilizer. The complex trophic network that includes heavy metals generated by geochemical actions in these tropical ecosystems makes them real scenarios for studies on relations between environmental health and human health.

We present our results in terms of both the heavy metal contents of the aboveground plant mass (essentially aerial parts of plants and grains, as the main parts consumed, and roots), and other data corresponding to soil properties and water composition. We also provide results of electron microscopy studies designed to identify the plant organs capable of accumulating most heavy metals. Results are discussed from the perspective of the possible ecopathologies produced by heavy metals in the topsoil that affect the health of agroecosystems, animals and humans.

Finally, based on the results obtained so far, we propose three lines of strategy that we feel could be applied to the sustainable development of the study area supported by the services provided by its terrestrial ecosystems: (i) a GIS protocol including edaphic data; (ii) the ecological restoration of degraded sites; and (iii) the design of an appropriate environmental education plan.

Key words: Tropical soils (fertility, metals, anions, erosion, degradation), Tropical forests, Agroecosystems (plant crops, wild plants, seed mineral composition, plant mineral, health), ecopathologies, GIS, environmental perception, sustainable development.

INDICE

Resumen (español e inglés)	
PRESENTACIÓN DE ESTA MEMORIA	1
CAPÍTULO I.- EL DESARROLLO EN LA PROVINCIA DE PEDERNALES (REPÚBLICA DOMINICANA): UN PERFIL DE PARTIDA	3
1. Resumen, palabras clave, objetivo y metodología	5
2. Resultados y discusión	
2.1 Análisis de proyectos de desarrollo para Pedernales y su frontera haitiana atendiendo a la componente medio ambiental	6
2.2 Ubicación del territorio encuadrada en la Reserva de la Biosfera <i>Jaragua-Bahoruco-Enriquillo</i>	10
2.3 Zona transfronteriza República Dominicana-Haití	13
2.4 Objetivos del Milenio	17
3. Conclusiones	19
4. Referencias bibliográficas	20
CAPÍTULO II.- SOSTENIBILIDAD Y SERVICIOS AMBIENTALES: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE UN MARCO CONCEPTUAL CONTEXTUALIZADO PARA ÁREAS RURALES	23
1. Resumen, palabras clave, objetivo y metodología	25
2. Resultados y discusión	
2.1 Consideraciones acerca del concepto sostenibilidad	25
2.2 Desarrollo rural, desarrollo local y agricultura sostenible	27
2.3 Servicios ambientales / Servicios de los ecosistemas	34
2.4 Marcos para la evaluación de la sostenibilidad	37
2.5 Educación para la sostenibilidad	39
3. Conclusiones	42
4. Referencias bibliográficas	43
CAPÍTULO III.- ESTUDIOS DE DIAGNÓSTICO	
1. Presentación del capítulo	52
2. Evolución histórica de la degradación ambiental en la isla “La Española”	52
3. Caracterización del territorio de Pedernales	
3.1 Geología, unidades geomorfológicas, litología, clima y suelos	67
3.2 Unidades paisajísticas	72
3.3 Características generales de la cuenca hidrográfica del río Pedernales	79
4. Desarrollo local en la provincia de Pedernales	87

CAPÍTULO IV.- CONOCIMIENTO DE LOS SUELOS PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA EN LA PROVINCIA Y CUENCA DE PEDERNALES

1. Presentación del capítulo	99
2. Contribución al estudio de la degradación de los suelos de los bosques tropicales de la provincia de Pedernales (República Dominicana)	100
3. Procesos antro-po-edáficos frecuentes en la reserva de la biosfera <i>Jaragua-Bahoruco-Enriquillo</i>	108
4. Características edáficas de los suelos de la provincia y cuenca de Pedernales (República Dominicana)	114
5. Parámetros cuantitativos para la evaluación de la erosión de los suelos tropicales dominicanos	126

CAPÍTULO V.- LOS AGROECOSISTEMAS DEL TERRITORIO

1. Presentación del capítulo	141
2. Diagnóstico de los agroecosistemas de la región transfronteriza de Pedernales (República Dominicana-Haití) a partir de la información dada por los campesinos de la misma	142
3. Análisis de la fertilidad y de metales tóxicos de los suelos de los principales tipos de pastos y fincas agrícolas en la provincia de Pedernales	150
4. Aproximación al estudio del impacto de la geoquímica en la salud de los agroecosistemas	161

CAPÍTULO VI.- ESTUDIO DE LOS CULTIVOS BÁSICOS PARA LA ALIMENTACIÓN HUMANA Y DE LOS ANIMALES EN ESCENARIOS REPRESENTATIVOS DE LOS USOS DEL SUELO

1. Presentación del capítulo	177
2. Composición química de variedades locales de semillas utilizadas para el consumo humano y forrajero y de especies silvestres consumidas por los animales del territorio de Pedernales	178
3. Estudio de la nutrición mineral de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. en suelos de cultivo que contienen metales pesados	187
4. Efecto de metales pesados en cultivos de leguminosas (habichuelas – <i>Phaseolus vulgaris</i> L. y guandules – <i>Cajanus cajan</i> L.-)	192
5. Acción conjunta de metales pesados del suelo en dos gramíneas con alto valor nutritivo humano y forrajero (maíz y sorgo)	201

CAPÍTULO VII. LA PERCEPCIÓN DEL PAISAJE COMO COMPONENTE PARA LA GESTIÓN Y CONSERVACIÓN DE UNA RESERVA DE LA BIOSFERA

1. Resumen, palabras clave, objetivo y metodología	211
2. Resultados y discusión	
2.1 Preferencias paisajísticas de la gente: estudio aproximativo de la percepción del paisaje de Pedernales y su cuenca por usuarios	

habituales del territorio (jóvenes y líderes de las comunidades) y no habituales	214
2.2 Criterios en los que la gente ha basado sus preferencias de paisaje	216
2.3 Percepción del estado de conservación de los ecosistemas por parte de los usuarios habituales del territorio	216
2.4 Posibilidades para la escuela de una percepción indirecta del paisaje	217
3. Conclusiones	219
4. Referencias bibliográficas	219

CAPÍTULO VIII. – GESTIÓN SOSTENIBLE DEL TERRITORIO DE PEDERNALES ARTICULADA CON LOS SERVICIOS DE SUS ECOSISTEMAS TERRESTRES

1. Presentación del capítulo	223
2. Protocolo metodológico para la elaboración de modelos de planificación territorial: herramienta SIG integrando información edáfica y aplicación a sistemas de cultivo	224
3. La restauración ecológica de los espacios degradados: contribución mediante el estudio de una especie pionera de la sucesión ecológica y de cultivos fitorremediadores de metales pesados en el territorio de Pedernales	256
4. Reflexiones acerca de las estrategias de desarrollo sostenible en el territorio de Pedernales teniendo en cuenta los servicios de sus ecosistemas terrestres	263

CAPÍTULO IX: CONCLUSIONES GENERALES

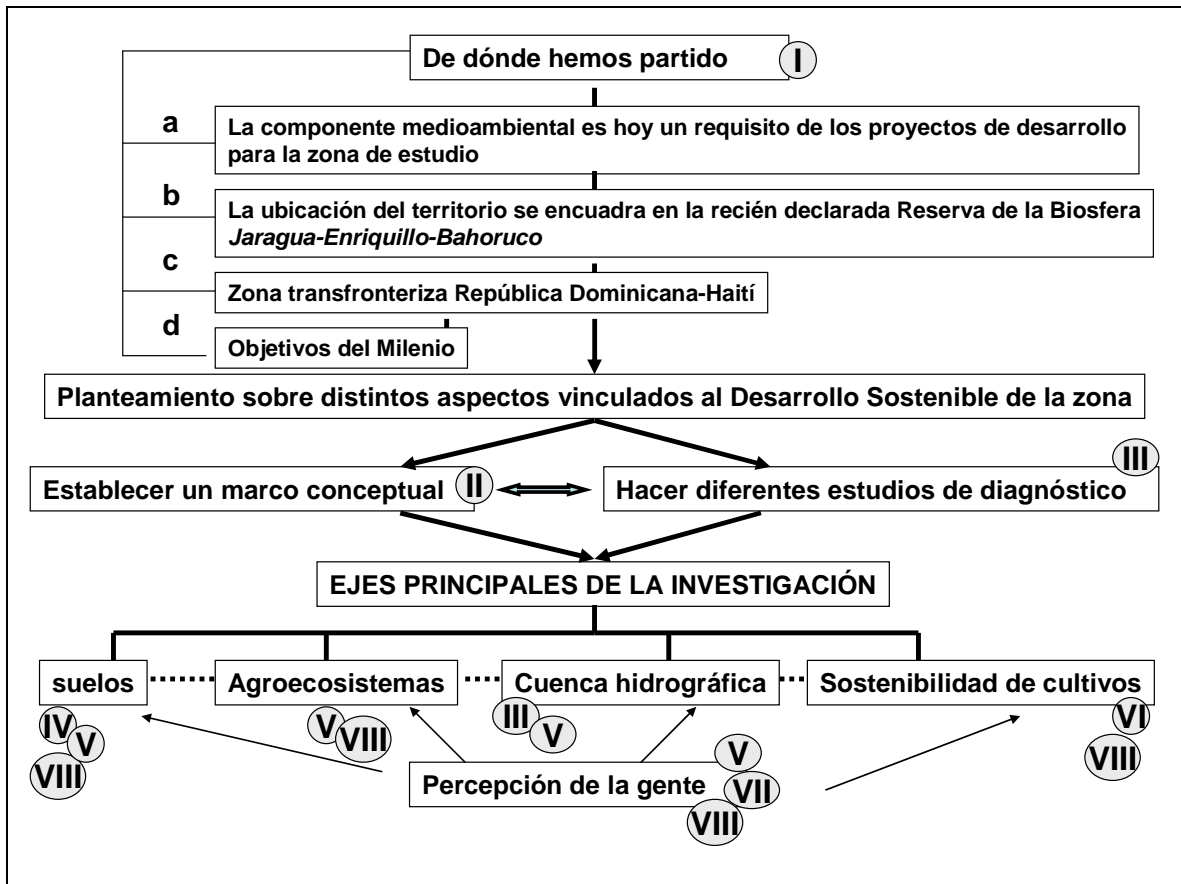
ANEXO: BREVE DESCRIPCIÓN DE TÉCNICAS EMPLEADAS

1. Técnicas analíticas para suelos y plantas	281
2. Técnicas sociales	284
3. Técnicas estadísticas	285
4. SIG y técnicas geoestadísticas	286
5. Cuestionarios empleados con agricultores y jóvenes de Pedernales	288
6. Referencias bibliográficas	295

PRESENTACIÓN DE ESTA MEMORIA

El proceso seguido en la investigación que se presenta en esta tesis doctoral se muestra en la figura 1. La organización de los resultados puede contemplarse también en esa misma figura. Una buena parte de los mismos han sido publicados o presentados en diferentes eventos de carácter científico.

Figura 1. Esquema-Diagrama de la tesis. En círculo se muestran los capítulos en que se ha organizado la memoria de la tesis



Ahora bien, se encuentran capítulos que solamente incluyen un solo artículo (caso de los capítulos I, II y VII), mientras que el resto engloban más de uno. En este último caso, se expone una breve presentación al comienzo del capítulo donde se consignan los datos relativos a su publicación. No obstante, aunque se ha mantenido en todos ellos la estructura de trabajo científico (con cada uno de sus correspondientes epígrafes), algunos de los mismos no incluyen los aspectos de discusión, debido a que solamente se constatan los resultados obtenidos y en un momento posterior de nuestro trabajo investigativo, podrán ser abordados dichos aspectos para poder ser enviados a publicar. Pero se ha pretendido dejar consignado todo el trabajo realizado en relación a la sistematización de los resultados que, una vez lejos del país donde se ha realizado el análisis de muestras y bioensayos, nos resultaría más difícil.

La propia estructura organizativa del proceso de la investigación realizada y reflejada en la citada figura, permite aludir a los objetivos que se pretenden alcanzar con este trabajo y que se detallan a continuación:

1. Realizar una evaluación y sistematización de proyectos de desarrollo que se han venido realizando en los últimos años en la provincia de Pedernales (República Dominicana)
2. Reunir información dispersa acerca de las características naturales y sociales del territorio y cuenca transfronteriza de Pedernales (República Dominicana-Haití) con el fin de poder realizar un diagnóstico para establecer el marco conceptual de la investigación relativa a su desarrollo sostenible.
3. Estudiar el suelo de los ecosistemas naturales y de los agroecosistemas, así como el comportamiento de los principales cultivos del territorio en los mismos, claves para el desarrollo rural sostenible
4. Conocer la percepción de los principales colectivos humanos de este territorio (agricultores y jóvenes) acerca del paisaje para tener en cuenta en futuros programas de educación ambiental contextualizados.
5. Proponer algunas estrategias para un desarrollo sostenible del territorio de estudio en base a los resultados alcanzados mediante la consecución de los objetivos anteriores, articuladas con los servicios ecosistémicos y las funciones de una reserva de la biosfera.

Podrá ser comprobado en algunas ocasiones que, al tratarse de artículos publicados o en fase de publicación, su contenido es unitario, y por ello pueden aparecer algunas cuestiones relativas al área de estudio o a datos complementarios a los consignados en otros trabajos. El hecho de constituirse como entidades cada uno de estos artículos, no merma el poder seguir una concatenación a lo largo del capítulo que los engloba.

Esta memoria se completa con un Anexo en el que se deja constancia de las distintas técnicas analíticas utilizadas en la investigación. Y ello por tres tipos de razones esenciales. Una, porque con los diseños de artículo científico que forman los distintos capítulos no quedan debidamente explicitadas en sus correspondientes “material y métodos”. Otra, porque nos ha parecido conveniente dejar una descripción más detallada de las mismas para futuras investigaciones, además de poder constituir un aporte para los países de la isla a la que pertenecemos. Y, por último, deseamos constatar también la importancia entre métodos cuantitativos y cualitativos para llevar a cabo cualquier tipo de investigación sobre las múltiples facetas del desarrollo sostenible.

Puede resultar excesivo todo el contenido incluido en esta memoria, pero es obvio reconocer las múltiples facetas que engloba cualquier acercamiento a la temática del desarrollo sostenible. Y, en nuestro caso, al tratarse de estudiarlo para una región en la que es escasa una documentación a la que poder referirnos, ha implicado abordar otros aspectos.

Deseamos finalmente considerar que nuestra lengua materna (francés-créole) no es la utilizada en las siguientes páginas, sino que hemos optado por el español y no por el inglés, francés o créole, debido a que los resultados expresados en las mismas, puedan ser mejor consultados por la gente latinoamericana.

CAPITULO I

EL DESARROLLO EN LA PROVINCIA DE PEDERNALES (REPÚBLICA DOMINICANA): UN PERFIL DE PARTIDA



EL DESARROLLO EN LA PROVINCIA DE PEDERNALES (REPÚBLICA DOMINICANA): UN PERFIL DE PARTIDA

1. Resumen

La doble condición de pobreza económica y riqueza ecológica que converge en la provincia de Pedernales (República Dominicana), han hecho de este territorio un lugar idóneo para la implementación de numerosos proyectos de desarrollo desde el comienzo de este siglo. En este trabajo se muestra una sistematización de muchos de ellos que han tenido o tienen alguna implicación en aspectos medio ambientales (tanto en relación al medio natural como social). El análisis de la documentación sobre estos proyectos, generalmente no publicada pero a la que hemos tenido acceso, así como su confrontación desde nuestra experiencia en proyectos de desarrollo, como en la percepción y reconocimiento de ecosistemas, nos ha permitido deducir y exponer los resultados siguientes: (i) ubicación del territorio en la única reserva de la biosfera que actualmente cuenta el país dominicano; (ii) perfilar la pobreza de su zona transfronteriza con Haití ; (iii) contextualizar algunas características de este territorio en relación a los Objetivos del Milenio.

Palabras Claves: reserva de la biosfera, zona transfronteriza, objetivos del milenio, cooperación internacional

Introducción y objetivo

La temática del desarrollo de la provincia de Pedernales, viene siendo una de las más interesantes en la República Dominicana debido al hecho de que simultáneamente convergen dos grandes características: por un lado, en términos socioeconómicos es una de las provincias reconocida con altos niveles de pobreza (ONAPLAN, 1997), y al mismo tiempo como una de las más importantes en recursos naturales (renovables y no renovables), y en biodiversidad en sentido general. Esta doble condición, pobreza económica y riqueza ecológica, parece haber tenido incidencia en cuanto al interés que tiene este territorio para llevar a cabo muchos proyectos. A ello se ha unido el que en noviembre de 2002 la UNESCO declaró una Reserva de la Biosfera por vez primera en el país dominicano, en la que la totalidad de la provincia geográfica referida queda encuadrada en la misma. (SEMARN, 2004).

Este trabajo se propone mostrar una visión de conjunto de aquellas características de partida que pensamos deberán tenerse en cuenta en un futuro próximo para el desarrollo de esta zona, además de ofrecer un soporte básico en el que hemos apoyado nuestra posterior investigación en esta línea.

Metodología

La base fundamental de la investigación llevada a cabo en este trabajo está constituida por la documentación escrita en relación a numerosos proyectos que han venido operando en la zona desde principios de este siglo, así como por la confrontación de sus características y resultados debida a nuestra experiencia en el quehacer del desarrollo local. El que podamos haber conocido el contexto natural y social donde se encuadra este trabajo ha permitido aplicar lo que Escudero (2004) denomina “metodología antropológica”, ya que consiste en la inserción del investigador en la comunidad, en la vivencia y en la cercanía de la cultura del territorio que se estudia. Para el autor citado, el método clave de investigación es la observación y la sistematización de la información a partir de lo observado. Esta acción se acompaña de documentación

bibliográfica además del análisis de documentos no publicados (Blaxter et al., 2005). En el apartado de referencias bibliográficas también se muestra toda la documentación consultada.

2. Resultados y discusión

Exponemos a continuación los principales ejes en torno a los cuales gira el análisis y la sistematización realizada.

2.1 Análisis de proyectos de desarrollo para Pedernales y su frontera haitiana atendiendo a la componente medioambiental

El crecimiento económico que están disfrutando los países desarrollados desde muchos años obliga a ellos a mostrar sus voluntades y su capacidad para extender fuera de sus fronteras algunos de los beneficios del propio desarrollo. En los últimos años se ha conseguido construir un importante consenso a nivel internacional sobre cómo reducir la pobreza en el mundo. Un compromiso que comparten las organizaciones del sistema de Naciones Unidas, la Organización de Cooperación y de Desarrollo Económico (OCDE), las instituciones de Bretton Woods - el Banco Mundial (BM) y el Fondo Monetario Internacional (FMI)-. Pero también, y lo que es más importante, un creciente número de países tanto del Norte como del Sur colaboran en esa misma línea (AECI, 2005). La República Dominicana desde hace muchos años esta recibiendo apoyo de la mayoría de las Agencias de Cooperación Internacional, que prestan una especial atención al suroeste del país, debido tanto a su situación de pobreza, como en especial a la zona fronteriza con Haití, debido esta última a la importancia que tiene la migración entre ambas naciones. La provincia de Pedernales ha recibido, en los últimos 9 años, una inversión significativa por parte de las ONG nacionales y las agencias de cooperación internacional, englobando áreas como salud, educación, medio ambiente, saneamiento básico, agua potable, micro créditos y energía renovable, entre las más significativas. Éstas han sido claves para iniciar procesos de desarrollo local en muchas comunidades de la provincia. En la tabla 1 se exponen algunas de las características de diferentes proyectos realizados en el territorio de nuestro estudio.

Desde nuestra experiencia en varios de los proyectos señalados en dicha tabla, es fácil deducir que las políticas impuestas por los donantes, y las Instituciones Internacionales tienden a fracasar ante la falta de compromiso de los gobiernos locales, además de la falta de participación de la gente ya que una gran mayoría de esos proyectos no han tenido en cuenta las necesidades y la participación de las comunidades humanas donde operaban. Para que algún proyecto de desarrollo tenga alguna posibilidad de éxito, la gente debe ser parte de la identificación del mismo y apropiarse de los objetivos y de las estrategias.

Las principales cuestiones que podemos deducir del análisis de todos estos proyectos podríamos resumirlas de la forma siguiente:

- A la hora de hablar y actuar en relación al desarrollo, hay que decir que en todos estos proyectos se contempla alguna de las diferentes dimensiones del desarrollo sostenible como se muestra en la figura 1. Pero además, pensamos que, en algunos casos, se emplea una terminología cuyo significado no es del todo correcto, por lo que se haría necesaria una clarificación análoga a la que se expone en la figura 2.
- Las ONGs y las agencias de cooperación internacional han realizado programas y/o proyectos en áreas importantes de la provincia; sin embargo, las actuaciones se han realizado en ausencia de un marco legal adecuado que regulase específicamente las actividades de dichas organizaciones.

Figura 1

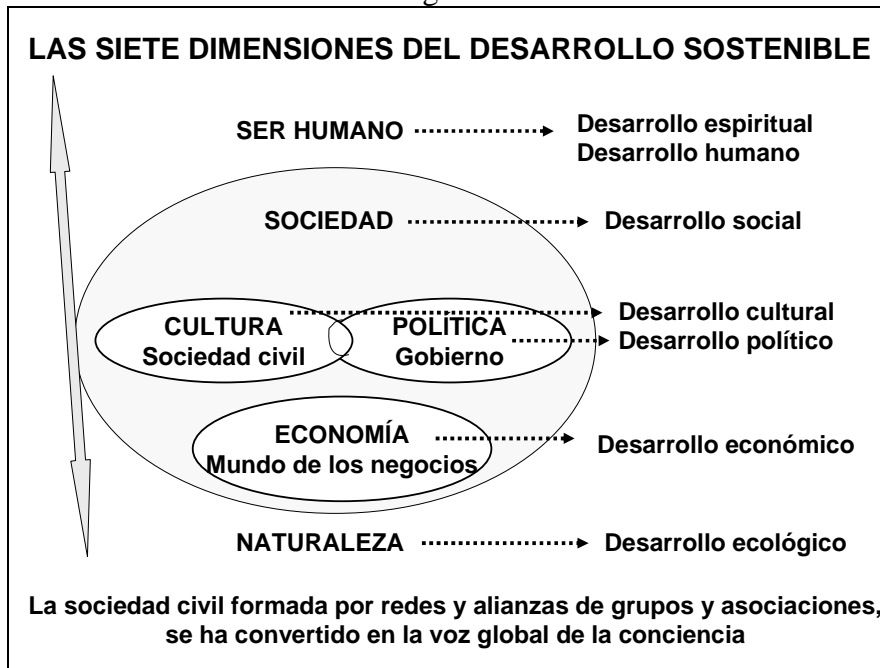
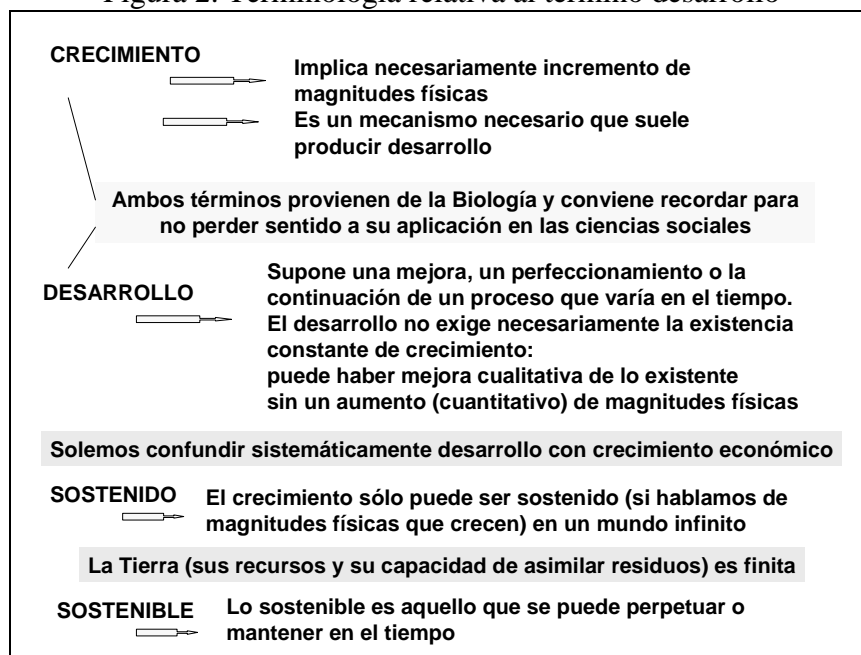


Figura 2. Terminología relativa al término desarrollo



- Prácticamente no se ha tenido en cuenta la sensibilización y la educación ambiental en los contenidos de estos proyectos, con lo que se ha seguido produciendo un uso inadecuado de los recursos naturales (especialmente del suelo) por parte de los moradores.

- La poca coordinación entre las instituciones que operan en la zona puede ser una de las causas principales del escaso de éxito de desarrollo de la provincia de Pedernales, a pesar del alto incentivo económico total aportado por dichos proyectos.

Tabla 1. Sistematización de algunos de los principales Proyectos de Desarrollo en la provincia de Pedernales (República Dominicana) y frontera haitiana, auspiciados por las ONGs que han operado en la zona en los últimos años

Titulo del proyecto	Coste Total (€uros)	Duración	Palabras claves	Financiación	Organismo responsable
Proyecto de desarrollo integral para el mantenimiento de la biodiversidad de la subregión Enriquillo – Proyecto Bahoruco en Pedernales.	2.950.000	1999-2004	<ul style="list-style-type: none"> -La conservación de la biodiversidad -El desarrollo humano de las poblaciones locales - El fortalecimiento institucional 	AECI ONAPLAN	Secretariado Técnico de la Presidencia
Formación medioambiental en la región suroeste, Pedernales.	183.740	2002-2003	<ul style="list-style-type: none"> - Medio Ambiente, - formación básica, - Recursos naturales - Construcción. 	Comunidad de Madrid y Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid (COAM)	Arquitectos Sin Fronteras (ASF-E)
Programa de manejo de los recursos naturales en la región Enriquillo.	755.40	2003-2006	<ul style="list-style-type: none"> - Recursos Naturales, - Construcción escuelas - Desarrollo Local 	Comunidad de Madrid	ASF-E
Programa “Fwontyè Nou—Nuestra Frontera”,	125.000	2003-2007	<ul style="list-style-type: none"> - Fortalecimiento de las organizaciones locales. - Pobreza - Reducir Conflictos 	Agencia de los Estados Unidos para el desarrollo internacional	Fundación Panamericana para el Desarrollo (PADF/FUPAD)
Mejora de la Oferta Educativa Pública en Anses-à-Pitre (Haití)	218.445	2003-2004	<ul style="list-style-type: none"> - Construcción escuela - Capacitación en construcción - Asociación de padres 	Junta de Castilla La Mancha	ASF-E
Restitución del Vado Fronterizo entre las poblaciones de Pedernales y Anse-à-Pitre.	125.545	.2004-2005)	<ul style="list-style-type: none"> - Construcción de Vado, - Protección de las márgenes del río de Pedernales 	Ayuntamiento de Madrid	ASF-E y Ingenieros Sin Fronteras (ISF)
Mejora de la Oferta Educativa Pública en Anse-à-Pitre (Haití) / Fase 2 de una escuela modelo autosuficiente.	258.200	2004-2005	<ul style="list-style-type: none"> - Construcción escolar y huerto escolar - Actividades de Hermanamiento comunidades frontera 	Junta de Castilla La Mancha	ASF-E
Estrategia: <i>"Equidad y contribución a la Paz en Democracia y Participando en un modelo integrado de Desarrollo</i> Proyecto: Fortalecimiento de las organizaciones de	518.492	2002-2006	<ul style="list-style-type: none"> - Fortalecimiento de las organizaciones de Mujeres, - Micro Créditos, - Empoderamiento de la asociación 	AECI	Solidaridad Internacional España

Mujeres y Jóvenes para el aumento de la participación en la gestión y el desarrollo local. FASE II.			del centro de madres, - Construcción de un centro vocacional.		
Proyecto de Fortalecimiento de las Organizaciones Sociales en la provincia de Pedernales mediante la formación de un nuevo liderazgo para el desarrollo comunitario.	76.913,09	2003-2007 En 2 fases	- Fortalecimiento de las organizaciones comunitarias - Ecobarómetro, - Construcción centro cívico	Comunidad de Madrid	Centro Cultural Poveda
Construcción de un sistema de acueducto rural con paneles solares en la zona de sitio nuevo y mogote, pedernales	66.085,60	2006-2007	- Acueducto - Paneles solares - Capacitación del Consejo de un gestión	Ayuntamiento de Alicante	Solidaridad Internacional España
Desarrollo de las capacidades locales apoyando el fortalecimiento social y educativo. Construcción y equipamiento del Centro Técnico-Vocacional de la Provincia de Pedernales.	168.768	2006-2007	- Formación medioambiental a las mujeres de la provincia de pedernales - Capacitación en corte y costura, informática y lenguas	Obra Social de Caja Madrid	Fundación Española para la Cooperación Solidaridad Internacional
Proyecto de movilización social apoyando a las organizaciones de Jóvenes y la Niñez de ambos lados de la frontera.	90.909	2006-2008	- Apoyo a las organizaciones de jóvenes, preservación del medioambiente, acercamiento de los pueblos en ambos lados de la frontera.	Plan Internacional	Plan Internacional
Identificado del convenio: Soberanía alimentaria a través del apoyo a la pequeña producción agrícola y ganadera familiar y el desarrollo de redes de comercialización local, dirigido a las poblaciones más desfavorecidas de República Dominicana y Haití con atención especial en las zonas fronterizas (Pedernales-Anse-à-Pitre).	4.003.985	2006-2010	- Infraestructuras productivas y organizaciones de productores. - Desarrollo municipal. - Infraestructuras básicas. - Recursos naturales en la cuenca - Equidad de Genero - Producción agrícola	AECI	Solidaridad Internacional
Proyecto Araucaria XXI, Enriquillo	3.3 millones	2006-2010	- Medio Ambiente - Desarrollo sostenible - Producción - Ecoturismo - Manejo de cuenca - Equidad de genero	AECI, Junta de Castilla y León y SEMARN	Araucaria y la SEMARN.

2.2 Ubicación del territorio encuadrada en la Reserva de la Biosfera *Jaragua Enriquillo-Bahoruco*

Fue la UNESCO, hace algo más de treinta años, quien creó esta categoría de Reserva de la Biosfera bajo la filosofía general de conservación (UNESCO-MAB, 1974), debido a la constatación de los cambios ocurridos en las últimas décadas del pasado siglo que venían a demostrar que hacía falta una nueva dimensión de la actividad de conservación, tanto para “perpetuar los recursos vivos de la tierra en toda su variedad, como para estudiar y comprender correctamente los cambios que les afectan para su utilización y disfrute futuros de la humanidad”. Es pues, una categoría internacional de manejo, que incluye áreas de ecosistemas terrestres, costeros y marinos, que presenta condiciones para la conservación y el desarrollo sostenible, apoyando actividades de investigación, educación y observación (figura 3)

La República Dominicana cuenta hasta la fecha con una única reserva de la biosfera, “*Jaragua-Bahoruco-Enriquillo*”, declarada por la UNESCO el 6 de noviembre de 2002. Está localizada en el Suroeste del país, que es el territorio donde se ubica el estudio realizado por nosotros, ya que, aunque sus límites incluyen otras zonas de las provincias de Bahoruco, Independencia y Barahona, es toda la provincia de Pedernales la que queda enmarcada en dicha reserva. Está formada por tres parques nacionales: Jaragua, Sierra de Bahoruco y Lago Enriquillo. Es la Reserva N° 412 de las 430 que existen en el momento de escribir estas páginas, (téngase en cuenta de que este número varía en la medida que se van añadiendo otras). Tiene una extensión de 5.658 Km² y se caracteriza por su alta riqueza de especies y la presencia de sus ecosistemas naturales terrestres (bosques tropicales de coníferas, nublados, latifoliados y secos), acuáticos (como el lago Enriquillo y la laguna de Oviedo, ambas de agua salada), así como manglares y humedales salobres. Los paisajes más emblemáticos de esta reserva pueden ser contemplados en la provincia de Pedernales.

En dicha Reserva Jaragua-Bahoruco-Enriquillo se ha partido de la siguiente zonación:

- Tres zonas núcleo, en los tres Parques Nacionales: Jaragua, Sierra de Bahoruco y Lago Enriquillo.
- Cuatro Zonas de Amortiguamiento, para la protección de las zonas núcleo, donde se pueden analizar actividades compatibles con la conservación (ecoturismo, pesca manejada, educación ambiental, agricultura orgánica y microempresas)
- Zona de Transición o Uso Múltiple o de Conectividad, en la que se pueden realizar actividades de desarrollo económico compatible con prácticas agrícolas

Las tres zonas núcleos han sido definidas por su alta importancia ecológica, su elevada diversidad biológica y especies de flora y fauna únicas (SEMARN, 2004). La configuración espacial de estas zonas de la Reserva *Jaragua-Bahoruco-Enriquillo* en la provincia de Pedernales se muestra en la figura 2 según el (PORN-ARAUCARIA, 2003) Y en la tabla 1 se exponen las dimensiones que en la actualidad tienen las áreas de amortiguamiento o tampón.

En la Zona I, el bosque natural seco ha sufrido diversos impactos, principalmente próximo a la Laguna Limón, donde existe agricultura intensiva y permanente. Se produce también agricultura itinerante o migratoria, con cultivos de ciclo corto, la cual se puede observar en la misma frontera con Haití. Se encuentran extensiones del bosque original que puede ser recuperado, según la Secretaría de Estado de Medio Ambiente.

Figura 3. Funciones de una Reserva de la Biosfera

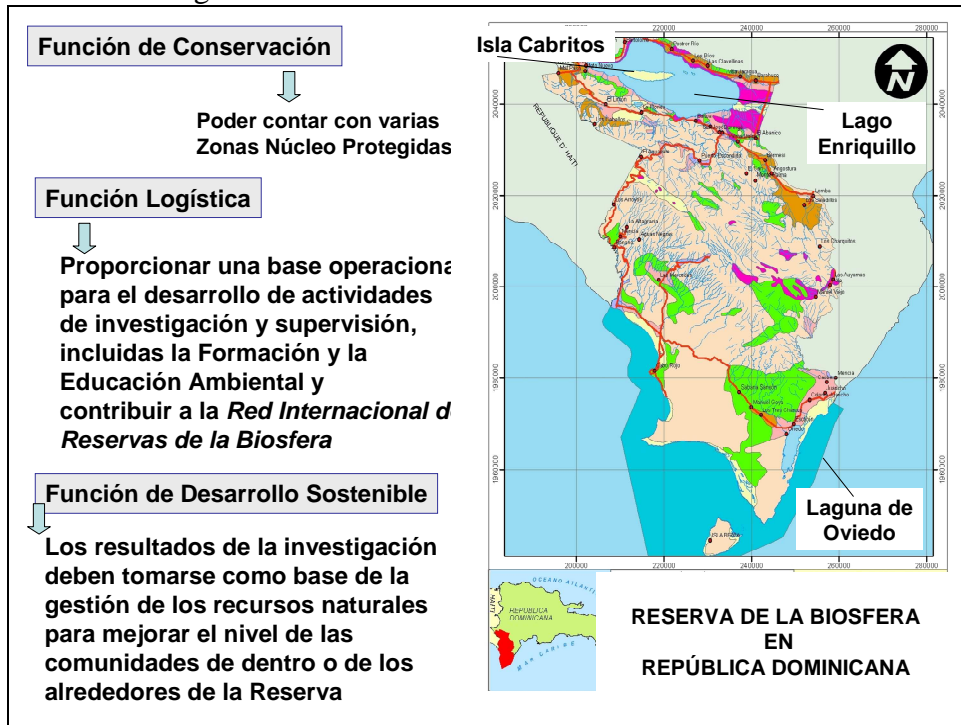


Figura 4. Mapa de la zonación de la reserva según PORN (2003)



En la segunda zona tampón (Zona II), el bosque seco ha sido alterado para realizar actividades agrícolas y cafeteras. Localizada en la vertiente Sur de de la Sierra de Bahoruco, entre los 400 y 1.500 m de altitud, se encuentra totalmente ubicada en la cuenca del río de Pedernales, en las colonias de La Altagracia, Mencía y Los Arroyos.

Las principales actividades en esta zona corresponden a agricultura itinerante. La Zona III está situada entre los 10 y 150 m de altitud, contiene bosque seco poco alterado, pero una parte del área está siendo utilizada para actividades agrícolas y de subsistencia. Por último, la Zona IV, localizada entre los 400 y 1.200 m el bosque seco ha sido intervenido también para la agricultura y el pasto.

En la reciente propuesta del Plan Estratégico para esta reserva dominicana, (SEMARN-IPEP- USAID, 2005) se contemplan tres planes de acción para las zonas Núcleo, de Amortiguamiento y de Transición en cada una de las tres provincias en que dicha reserva está ubicada. No olvidemos que solamente en el caso de la provincia de Pedernales, toda ella se encuentra bajo esta categoría de conservación, mientras que no ocurre lo mismo para las provincias Independencia y Barahona. No obstante, a las áreas de la Reserva enmarcadas en las tres provincias, se les ha denominado ahora subregiones (si bien este último concepto no tiene el mismo significado geográfico utilizado habitualmente)

Tabla 2. Zonas de amortiguamiento según SEMARN (2004)

Zonas de Amortiguamiento	Superficie (Has)
Zona I., incluye: una parte de la vertiente Norte de la sierra de Bahoruco, la Laguna Limón y sus alrededores No tiene población humana permanente	13,300
Zona II, situada en vertiente Sur de la Sierra de Bahoruco, correspondiente básicamente a la cuenca del río de Pedernales. Incluye poblaciones humanas	11,000
Zona III, incluye los alrededores de la laguna de Oviedo	6,700
Zona IV: zona intercalada de agricultura, pastos y bosque seco	15,000

2.3 Zona transfronteriza provincia de Pedernales- Anse-à-Pitre

La gran mayoría de las características de toda la región transfronteriza del territorio insular de La Española se reconocen en el territorio de nuestro estudio. Así, es posible distinguir su heterogeneidad climática y orográfica, lo que supone la existencia de una gran variedad de zonas de vida y diversidad de especies y ecosistemas (Cuello, 2007). Por otra parte, los problemas ambientales de la zona transfronteriza de Pedernales-Anse-à-Pitre no difieren sustancialmente de los identificados en las otras fronteras entre los dos países. Solamente una diferencia en la frontera que nos ocupa y es que se ha observado una escasa cobertura vegetal, (SEA, 1990; CONAU, 1999, 2001), lo que no permite la protección de la principal cuenca hidrográfica de la zona según señalan en dichos documentos. Se dice en esos trabajos, pero sin datos cuantitativos, que hay un proceso acelerado de desertificación y empobrecimiento de los suelos, debido a su sobre explotación y manejo inadecuado, que se ven potenciados por el avance de la frontera agrícola.

Debido al crecimiento demográfico y económico acelerado que ocurrió en Saint Domingue (Nombre de la isla), los imprecisos límites fueron sucesivamente movidos en dirección este, lo que fue reconocido de diferentes maneras en los acuerdos y tratados franco-españoles, (tratados de Segura-Panacey en 1679, Ryswick en 1697 y de Aranjuez

en 1777, y finalmente borrados por el tratado de Basilea de 1795, que cedió los derechos sobre la totalidad de la isla a Francia). Pero la ocupación norteamericana en ambos países fue un paso fundamental en la ordenación del territorio fronterizo entre estos países, (la firma en 1929 de un acuerdo binacional para el deslinde/demarcación definitiva de la frontera). Sin embargo, las acciones más drásticas adoptadas en la línea de demarcación fueron las ejecutadas durante el régimen de Trujillo, que en 1936 exigió el respeto a la re-delimitación de la frontera, utilizándose lo que se dio en llamar un Cordón Militar, creando cuarteles, fortalezas y puestos militares a lo largo de la frontera, con vigilancia sistemática, que continúan en la actualidad

Tradicionalmente, las relaciones comerciales y económicas entre Haití y la República Dominicana se han caracterizado por la debilidad de las exportaciones haitianas, y el vigor de las dominicanas. Según Mathelier (2007), el diferencial del desarrollo de los dos países y el declive del aparato productivo haitiano ofrecen un escenario asimétrico que, no obstante, parece ser aceptado con naturalidad por todo el mundo. Sin embargo, la actividad económica en la provincia y municipio de esta zona fronteriza, aparte de las actividades del mercado binacional o transfronterizo que genera intercambio de bienes, se basa fundamentalmente en la agricultura (SEMARN, 2006). Asimismo, se menciona en dicho documento que la economía en todo el área fronteriza se caracteriza por su baja contribución al producto interno bruto (4%), siendo el sector agropecuario el que ha mostrado un mayor aporte en los últimos años, aunque siempre poco significativo.

Toda la zona transfronteriza ha experimentado diversos procesos de transformación condicionados por su transición desde un borde cerrado y administrado estrictamente siguiendo razones geopolíticas, hacia una frontera de densos intercambios de mercancías, de tránsito de personas, y de diversos flujos de capitales e información, (Dilla et al, 2007). Conocida también por sus actividades agropecuarias, ha dejado de ser desde algunos lustros una franja de economía agraria tradicional (en especial rural) para devenir un área de actividades económicas de servicios crecientemente urbanizada

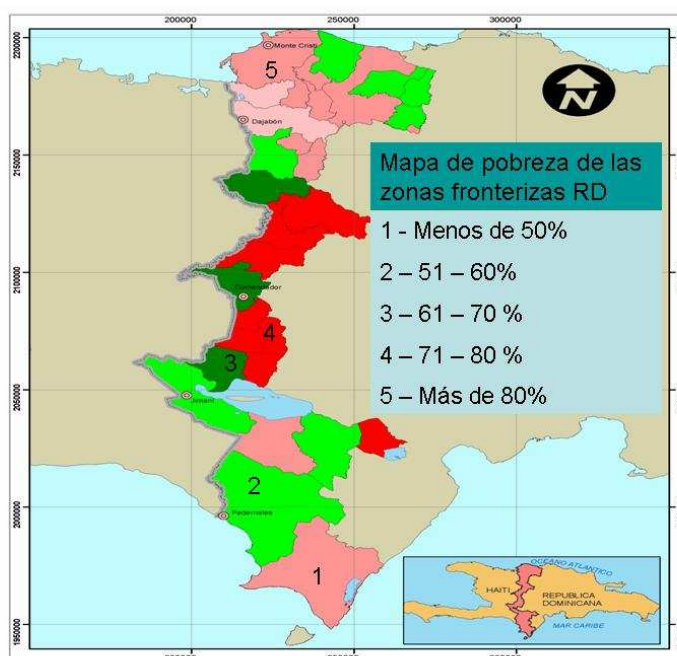
Aunque no se obtuvieron datos recientes de los ingresos en todas las provincias y los municipios del área de estudio, en relación a lo que se muestra en la figura 3 y los datos registrados por nosotros en el trabajo de campo, en esta zona transfronteriza los niveles de pobreza existentes permiten afirmar que más del 60% de la población recibe ingresos menores a los 2.500 pesos mensuales en la provincia de Pedernales (\$75 US) y 70% de la población en Anse-à-Pitre no recibe un ingreso mensual de 1500 gourdes (\$45 US). Ello significa que la población de esta área vive en precarias condiciones económicas, si se considera que cada una de las familias está conformada por un promedio de 4 miembros. (ONAPLAN, 2005, ASF-E, 2003).

Los desequilibrios demográficos transfronterizos, y los procesos migratorios que generan, constituyen puntos permanentes de tensión que podrían agravarse en el futuro. Se trata de una situación característica de cualquier frontera, donde siempre el lado más pobre tiende a concentrar más población que el otro, debido a que esta dependencia brinda mayores oportunidades de sobrevivencia, tal y como ha sido descrito para el borde mexicano/Estados Unidos por autores como Herzog, (1990) y Alegría (1992).

Las regiones fronterizas son, en muchas partes del mundo, víctimas del abandono; en el caso dominico-haitiano, el asunto se agrava por unas relaciones tradicionalmente conflictivas entre ambos países. Para evidenciar la oportunidad de establecer mecanismos de buena vecindad, y de fijar la población local en la fronteriza de Pedernales; Anse-à-Pitre, es preciso reforzar los tres pilares que sustentan la actividad del mundo rural, como alternativa a la emigración hacia las grandes ciudades: a) la mejora de sus infraestructuras, b) la de sus servicios, y c) la de las redes económicas

capaces de generar empleo. Ninguno de los tres lo logrará por sí solo, pero la combinación de los tres abriría el abanico de las oportunidades.

Figura 5. Mapa de la distribución de la Pobreza en la frontera dominicana



La zona transfronteriza de estudio discurre a lo largo de zonas de difícil acceso: montañas altas tanto para la parte dominicana (Sierra de Bahoruco) como para la parte haitiana (Macizo de la Selle). Está delimitada por el río Pedernales y su cuenca, la cual abarca un área total de 330 Km² en sus partes más pobladas. Según Dilla et al, (2007), la superficie total de esta franja es de 2.262 Km²; y alberga a 42.756 habitantes; el 74% de los cuales están por debajo de la línea de pobreza. Su densidad demográfica es de 9,52 habitantes por Km² en Pedernales, unas 4,5 veces inferior a la densidad media de la Republica Dominicana (ONE, 2004; ONAPLAN, 2005), y de 123 hab/km² en Anse-à-Pitre, municipio haitiano fronterizo con la ciudad de Pedernales, que representa 2,61 veces inferior a la media nacional haitiana. (ISHI, 2004). Este municipio es uno de los que tiene una densidad más alta en el país. Sin embargo, en toda la cuenca, a diferencia del lado dominicano que se encuentra poco poblado y, en el mejor de los casos, con tasas bajas de crecimiento, la parte haitiana presenta una población en rápido crecimiento y alta densidad.

Las condiciones sanitarias en la frontera de la provincia de Pedernales y Anse-à-Pitre son muy precarias: en todas las comunidades hay carencia de centros de salud, médicos, equipos y medicamentos. Ello significa que los servicios de salud ofrecidos a la población son muy deficientes. Los niveles de desnutrición son altos en la zona. Según SEMARN (2006), hay un índice de desnutrición crónica de un 14% en la mayoría de las zonas urbanas, y hasta 50% en las zonas rurales, sobrepasando el promedio nacional La tasa de mortalidad infantil en las diferentes zonas de esta frontera es alta si se compara con el resto del país. La provincia de Pedernales, poseían, en 2006, una tasa de mortalidad infantil de 56 por cada mil nacidos vivos y una desnutrición crónica en los niños de menos de 5 años (PNUD, 2002). Por su parte, en los municipios del lado haitiano la tasa de mortalidad infantil supera los 70 por cada mil nacidos vivos. Las

principales causas de muerte en la zona son las enfermedades diarreicas agudas (EDA), y las enfermedades respiratorias agudas (IRA).

En el aspecto educativo, en esta zona fronteriza existen los más altos porcentajes de analfabetismo que se registran en ambos países, siendo el municipio de Anse à pitre del lado haitiano y la provincia de Pedernales las que poseen las mayores tasas que se registran en ambas naciones (PNUD, 2005).

Con relación a las viviendas, la zona fronteriza presenta malas condiciones en los hogares: más de un 50% de éstos carece de servicios básicos (sanitarios, agua potable, caminos vecinales, energía eléctrica, teléfono, etc.), especialmente en las zonas rurales, (SEMARN, 2006), lo que ha contribuido para que exista un proceso de inmigración muy fuerte de las zonas rurales a las urbanas, así como hacia las capitales y, en particular, una nutrida emigración haitiana hacia el otro lado de la isla. En la frontera entre Pedernales y Anse-à-Pitre, la mayoría de las viviendas están construidas de caliche tomado con lodo, y techadas con palma cana; en las zonas urbanas, las viviendas son, en su mayoría, de tablazón y techo de zinc u hormigón, con piso de cemento, lo que significa que representan un riesgo ante cualquier catástrofe natural. En la población rural y en Anse-à-Pitre, un 52% aproximadamente no tiene facilidades para la deposición final, lo que ocasiona problemas de contaminación a los suelos y a las fuentes de agua, por infiltración de efluentes fecales al subsuelo (ONAPLAN, 1997; SEMARN, 2006). La mayoría de las viviendas de estas áreas carecen de agua potable y servicios sanitarios, en especial las comunidades de montaña, lo que ocasiona serias enfermedades gastrointestinales. Ello, combinado con la desnutrición, afecta a la mayoría de las comunidades rurales

Los problemas derivados de las migraciones interiores, que producen notables desequilibrios tanto en los lugares de origen como en los de destino, alimentan los conflictos en las fronteras y ponen en peligro la buena relación entre los dos países. En el caso del origen, el abandono del medio rural o de las ciudades pequeñas (caso de Pedernales en la República Dominicana; y de Anse-à-Pitre en Haití) se traduce en despoblamiento, con el consiguiente daño para el mantenimiento de los recursos naturales y el control del territorio.

Parece evidente que las estrategias de reequilibrio territorial son esenciales para evitar los cuadros de exclusión social que se derivan de las migraciones interiores. Pero reequilibrar el territorio en ambos lados de la frontera sólo se consigue fomentando las oportunidades de llevar una vida digna en el medio rural: invirtiendo en infraestructura, en servicios, en la generación de actividad económica. Mientras que la inversión en infraestructura y servicios puede acometerse sin mayor intervención de la población local, la generación de actividad económica sólo se dará si hay agentes locales capaces de detectar nichos de actividad, y actores económicos capaces de aprovecharlos. En el lado haitiano en especial, al tener unas comunidades destruidas por décadas de despotismo, la recuperación del tejido social haitiano aparece como una premisa sin la que no habrá ni agentes ni actores; los procesos de Desarrollo Local no se podrán lanzar sin correr el riesgo de crear dependencia de organizaciones ajenas al lugar, que acabarían practicando el dirigismo.

Es un hecho que el desarrollo de la zona fronteriza es un tema prioritario para la República Dominicana. Se han realizado esfuerzos e implementado iniciativas a través del tiempo para lograrlo. Uno de los principales motivos de estas iniciativas es el interés por preservar los límites terrestres del territorio nacional y el control de la frontera, tal y como establece la Constitución dominicana. Sin embargo, la zona fronteriza de esta frontera dominico-haitiana en la isla debe estudiarse también desde el punto de vista del medio físico y de la conservación de sus ecosistemas. No bastan los enfoques

practicados hasta el momento, ya que cabe preguntarse en qué medida se puede alcanzar un conocimiento de la dinámica social de la frontera, y el impacto que la misma tiene sobre el conjunto de los recursos naturales, de los que debe extraer su energía para alcanzar un desarrollo equilibrado y sostenible.

2.4 Los Objetivos del Milenio y sus implicaciones en la provincia de Pedernales.

Aunque hay muchas ONGs además de las instituciones gubernamentales que están trabajando en la provincia de Pedernales desde el comienzo de este siglo XXI en procesos de desarrollo de la misma, como vimos en el primer epígrafe, abordamos a continuación otro análisis complementario al respecto.

En toda sociedad, la incidencia de la pobreza puede ser explicada por dos factores: el nivel de riqueza de la sociedad, y la manera en la que esta riqueza está distribuida. Visto de esta manera, la pobreza es la insuficiencia de los recursos necesarios para satisfacer las necesidades básicas (PNUD, 2005). En el contexto de la Cumbre del Milenio, celebrada en la sede de las Naciones Unidas en septiembre del año 2000, 147 jefes de Estados y de gobiernos aprobaron la Declaración del Milenio. Esta Declaración dio pie a los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), que constituyen un nivel mínimo de condiciones de vida para todos los habitantes del planeta. En esta reunión los líderes mundiales manifestaron con convicción su decisión de poner fin a algunos de los problemas más enojosos y desafiantes heredados del siglo XX (Sachs, 2005). Un total de 191 naciones han asumido la responsabilidad de monitorear e informar el avance en el cumplimiento de esos objetivos a partir de 18 metas y 48 indicadores, teniendo como referencia base la situación constatada en cada país en 1990, y como horizonte temporal de cumplimiento el año 2015.

Con motivo de la reunión de la asamblea del milenio, el entonces secretario general de la ONU, Kofi Annan, obsequio al mundo un documento extraordinario titulado *Nosotros, los pueblos: la función de las Naciones Unidas en el siglo XXI* en el que exponía con una clarividente perspectiva los grandes desafíos a los que se enfrenta hoy la sociedad mundial: pobreza extrema, enfermedades endémicas, deterioro medioambiental, guerras y conflictos civiles.

La adopción de los ODM, fue un acontecimiento fundamental en la historia de las Naciones Unidas. Constituyó una promesa sin precedentes de los dirigentes mundiales de abordar, de una sola vez, la paz, la seguridad, el desarrollo, la pobreza y la riqueza, los derechos humanos y las libertades fundamentales. En concreto, expone una serie de objetivos cuantificados y con asignación de plazos para reducir la pobreza extrema, la enfermedad y las penurias (ONU, 2005). Esos objetivos fueron extraídos posteriormente de la Declaración del Milenio para convertirse en los ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio. Para garantizar la adecuada puesta en marcha de lo acordado, el estado dominicano creó la Comisión Presidencial para los Objetivos del Milenio, y puso en ejecución una Estrategia para la Reducción de la Pobreza, orientada al mejoramiento de las condiciones de vida de los ciudadanos y ciudadanas, enfatizando en la reducción de la pobreza y otra estrategia de medio ambiente.

Desde finales de la década pasada, tanto el estado Dominicano, como muchas agencias y ONGs vienen trabajando en diferentes iniciativas dirigidas a sectores como recursos naturales y fortalecimiento del tejido empresarial, género y medio ambiente, educación y la protección de la niñez en la provincia de Pedernales, como hemos aludido anteriormente. Los resultados de estas acciones se pueden considerar todavía como mínimos, ya que se sigue manifestando un empobrecimiento progresivo de la población y una baja percepción y valorización de su medio ambiente. En la tabla 3 se enumeran los ocho objetivos del milenio y la situación de la provincia de Pedernales frente

aquellos que constituyen compromisos audaces para ir alcanzando un desarrollo sostenible en esta zona.

Tabla 3. Implicaciones de los Objetivos del Milenio para la provincia de Pedernales

Objetivos del Milenio	Situación en la provincia de Pedernales
1.- Erradicar la pobreza extrema	Pedernales posee uno de los índices de pobreza más bajos del país según ONAPLAN, (2003), alcanzando aproximadamente al 50% de las familias. Más del 60% de los hogares viven con ingresos mensuales inferiores a \$US 75,00 y presentan una tasa de desempleo superior al 50%. Entre el 40 y el 50% de las viviendas no tienen acceso al agua potable y el 25% no disponen de servicio sanitario. El Estado esta desarrollando acciones para combatir la Pobreza a través de su programa <i>Solidaridad</i> , pero todavía no se ha hecho una evaluación de su alcance en esta provincia.
2.- Lograr la educación primaria universal	En la Provincia de Pedernales, según el VII Censo Nacional de Población y Vivienda, 2003; el 31 % de los habitantes son analfabetos. De los mayores de 3 años, el 29,5 % asiste a los centros educativos, del cual un 39,1 % ha abandonado los estudios y el 31,4 % nunca ha asistido a la escuela. Además, únicamente un 30% de las mismas se encuentran en condiciones aceptables. No se ha aplicado un plan de escolarización en esta provincia.
3.- Promover la igualdad entre los sexos y la autonomía de la mujer	La situación de la mujer en la provincia es de gran marginación, siendo generalmente excluida de todo proceso de desarrollo a pesar de haber demostrado ser un gran catalizador de este. Para el cumplimiento de este objetivo el estado dominicano ha creado una oficina provincia de la mujer en Pedernales con el fin de trabajar en la igualdad de oportunidades en las diferentes acciones en la provincia. El enfoque de género debe ser recogido en las diferentes acciones desde un punto de vista transversal, promoviendo y garantizando que las mujeres se integren efectivamente en los procesos productivos y de desarrollo que se dan en la provincia.
4.-Reducir la mortalidad infantil	En la provincia de Pedernales, hay una tasa de mortalidad infantil por mil del orden del 56% y una desnutrición crónica en los niños de menos de 5 años de un 18%, según ONAPLAN, (2003). No hay una política de reducción de la mortalidad infantil en esta provincia, salvo unas acciones de sensibilización por parte de la dirección provincial de salud.
5.-Mejorar la salud materna	En el tema de la salud materna en Pedernales existe una situación relativamente favorable, debido a que el Estado le ha dado mucha prioridad. Se han hecho actualmente muchos esfuerzos para paliar los problemas de salud en esta provincia: subvención de medicamentos, rehabilitación del único hospital de Pedernales, creación de un centro de salud por cada comunidad rural de la

<p>6.- Combatir el sida, el paludismo y otras enfermedades</p>	<p>provincia y dotación de personal medico. Pero todavía no hay resultados de mejora de la salud. Se continúa con las mismas tasas de mortalidad materna.</p> <p>Según un estudio de la Secretaria de Estado de Salud Publica en 2003; la provincia de Pedernales se ha identificado como una de las provincias con mayor índices de VIH/ SIDA. El Estado dominicano no ha desarrollado todavía ningún plan de control de VIH en esta provincia, salvo algunas acciones puntuales de la dirección provincia de salud. Por otra parte, debido a una escasez recursos económicos para materiales y equipos, el hospital de Pedernales no puede paliar los problemas de enfermedades que hay en esta provincia.</p>
<p>7.- Garantizar la sostenibilidad del medioambiente</p>	<p>Con la creación de la comisión mixta dominicana-hispana, se ha apoyado sobre el programa de Araucaria cuyo contenido es la sostenibilidad del medioambiente en la región enriquillo y en especial en la provincia de Pedernales. En esta materia se han realizado acciones en cuanto a la conservación de los dos parques nacionales ubicados en la misma. Pero todavía no se está trabajando en la reducción de las emisiones de CO₂, protección y mejora de las tierras de cultivo, protección de las fuentes de agua potable, o en el incremento en PIB de la provincia por unidades de uso de energía renovable.</p>
<p>8.- Fomentar una asociación mundial para el desarrollo</p>	<p>Aunque en esta provincia operan varias agencias internacionales, hay una falta de coordinación entre las mismas, así como agentes de desarrollo que desconocen en gran medida las características naturales y sociales del territorio.</p>

Los Objetivos de Desarrollo del Milenio reconocen con acierto que la pobreza extrema presenta muchas caras, no solo las rentas bajas, sino también la vulnerabilidad a las enfermedades, la exclusión de la educación, el hambre crónica y la malnutrición, la falta de acceso a servicios de bases como el agua potable o los servicios sanitarios, y la degradación medioambiental, como la deforestación y la erosión del suelo, que amenazan la vida y las formas de subsistencia.

El desarrollo económico de la Provincia de Pedernales atendiendo a los Objetivos de Desarrollo del Milenio, debe ser contemplado a mediano y largo plazo, partiendo de los recursos que son explotados actualmente en forma sostenible. No es posible desarrollarla desde un punto de vista inmediato, sin un plan de gestión, si no quiere asumirse el riesgo de destruir sus potencialidades y generar distorsiones que podrían ser irreversibles y contraproducentes para la misma población.

3. Conclusiones

La sistematización realizada ha servido para exponer el planteamiento de los distintos aspectos vinculados al desarrollo sostenible de la zona que comprende geográficamente la provincia de Pedernales en la República Dominicana. Un territorio caracterizado por encuadrarse en la única reserva de la biosfera que hay en este país, formar parte de una de las zonas transfronterizas con Haití enmarcada en niveles de alta pobreza.

4. Referencias bibliográficas y documentación no publicada

- AECI, (Agencia Española de Cooperación Internacional), 2005. *Plan Director de la Cooperación Española, 2005-2008*. www.aeci.es
- Alegría, T.1992. *Desarrollo urbano en la frontera México/Estados Unidos*. Ed. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, México.
- Araucaria, 1999. Proyecto de desarrollo integral para el mantenimiento de la biodiversidad de la, subregión Enriquillo - Proyecto Bahoruco en Pedernales, 1999-2004. Memoria del Proyecto Araucaria.1999-2005.
- Araucaria, 2006. Proyecto Araucaria XXI, Enriquillo, 2006-2010.
- ASF-E (Arquitectos Sin Fronteras-España), 2002. Formación Medioambiental en la región suroeste. Provincia de Pedernales, 2002-2003. Memoria de ASF-E, 2004, Madrid.
- ASF-E, 2003^a. Proyecto de mejora de la oferta educativa publica en Anse-à-Pitre, fase I, 2003-2004.Memoria de ASF-E, 2006, Madrid.
- ASF-E, 2003 b. Proyecto de manejo de los recursos naturales en la región Enriquillo. Provincia de Pedernales, 2003-2006. Memoria de ASF-E, 2006, Madrid.
- Blaxter, L.; Hughes, Ch 6 Tigth, M. 2005. *Cómo se hace una investigación*. Ed. Gedisa, Barcelona.
- Centro Cultural Poveda, 2005: Proyecto de Fortalecimiento de las Organizaciones Sociales en la provincia de Pedernales mediante la formación de un nuevo liderazgo para el desarrollo comunitario.
<http://www.centropoveda.org/areas/socioeduc/nuevlid/mainnuevlid.htm>.
- Centro Cultural Poveda, 2006. *Plan estratégico para el desarrollo humano integral de la provincia de Pedernales 2007-2017*. A. Paredes (coord.). Ed. Centro Cultural Poveda, Santo Domingo, República Dominicana
- Cuello, C. 2007: Contrapunteo Medioambiental en la frontera Dominico- Haitiana en: *Frontera en Transición, Diagnostico multidisciplinario de la Frontera Dominico/Haitiana*. Ed. Grupo de Estudios Multidisciplinarios, Ciudades y Fronteras, 61- 87.
- CONAU, (Consejo Nacional de Asuntos Urbanos). 1999. *Lineamientos de Políticas de Desarrollo Urbano, de Dajabón*. Ed. CEUR/PUCMM Santiago de los Caballos, Republica. Dominicana.
- Escudero, 2004. *Análisis de la realidad local. Técnicas y métodos de investigación desde la animación Sociocultural*. Ed. Nancea, Madrid
- CONAU. 2001. *Definición de Lineamientos de Políticas de Desarrollo Urbano para la ciudad de Pedernales*. Ed. CEUR/PUCMM Santo Domingo, Republica. Dominicana.
- Dilla, H., De Jesús, S., 2007. *Frontera en Transición, Diagnostico multidisciplinario de la Frontera Dominico/Haitiana* Ed. Grupo de Estudios Multidisciplinarios, Ciudades y Fronteras. 363 pp
- Herzog, L. 1990. *Where North Meets South*, Ed. University of Texas, Austin.
- IHSI (Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique), 2004. *Recueil de Statistiques Sociales, Volume I et II*
- Mathelier, R, 2007, El desafio de un reequilibrio comercial: Once puntos para el debate en: *Frontera en Transición, Diagnostico multidisciplinario de la Frontera Dominico/Haitiana*, Ed. Grupo de Estudios Multidisciplinarios, Ciudades y Fronteras: 104- 107.
- OIM (Organización Internacional de Migración) y FLASCO (Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales), 2004. *Encuestas sobre inmigrantes haitianos en Republica Dominicana*. Ed. FLASCO.

- ONAPLAN (Oficina Nacional de Planificación), 1997. *Focalización de la Pobreza en la República Dominicana*. Secretaría Técnico de la Presidencia, Santo Domingo, República Dominicana.
- ONAPLAN, 2002. Política Social del Gobierno Dominicano, Volumen I. Secretaría Técnica de la Presidencia, Santo Domingo, República Dominicana.
- ONAPLAN, 2003., Política Social del Gobierno Dominicano, Volumen II. Secretaría Técnico de la Presidencia, Santo Domingo, República Dominicana.
- ONAPLAN, 2005. Focalización de la Pobreza en la República Dominicana. Resumen Ejecutivo. Secretaría Técnica de la Presidencia, Santo Domingo, República Dominicana.
- ONE (Oficina Nacional de Estadísticas), 1993. VII Censo Nacional de Población y Vivienda. <http://www.one.gob.do/>
- ONE, 2004. VIII Censo de población y viviendas 2002. Santo Domingo. <http://www.one.gob.do/>
- ONU, 2000. *Declaración del Milenio, Resolución aprobada por la Asamblea General de Naciones Unidas*. 55/2.
- ONU, 2005. *Informe sobre el avance de los Objetivos de Desarrollo del Milenio*.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), 2000, 2002 y 2005. *Informes de Desarrollo Humano de la República Dominicana*. A. Mitila Lora y L. Rubio (eds.)
- PORN (Plan de Ordenación de los Recursos Naturales) de la Provincia de Pedernales, 2003. *Proyecto Araucaria-Bahoruco*. Ed. Grupo de Investigación, Cuaternario y Geomorfología del Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional, Universidad de Sevilla.
- PROFAMILIA, ONAPLAN y CESDEM, 1996. Encuesta Demográfica y de Salud.
- Sachs. J, 2005. *El fin de la Pobreza, como conseguirlo en nuestro tiempo*. Ed. Random House Mondadori, S.A, Barcelona.
- SEA (Secretaria de Estado de Agricultura), 1990. La diversidad biológica de la Republica Dominicana. Ed. Servicio Alemán de Cooperación Social Técnico y Fondo Mundial para la Vida Silvestre (WWF-US), Santo Domingo, Republica Dominicana, www.sea.gov.do.
- SEMARN, (Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales), 2002. Diagnostico de la zona fronteriza, República Dominicana, Santo Domingo, Republica Dominicana.
- SEMARN, 2004. Reserva de la Biosfera *Jaragua-Bahoruco-Enriquillo*. Santo Domingo, República Dominicana.
- SEMARN, 2006. Programa de Acción Nacional de Lucha Contra la Desertificación y Sequía de la Republica Dominicana. Coordinación Nacional Subsecretario de Suelos y Aguas, Grupo Técnico Interinstitucional, Santo Domingo.
- SEMARN-IPEP-USAID, 2005. Propuesta del Plan Estratégico para la Reserva de la Biosfera *Jaragua-Bahoruco-Enriquillo* (Plan Borrador)
- SESPAS, (Secretaría de Estado de Salud Pública y Asistencia Social), 2003. La situación de la salud en la República Dominicana. SESPAS/OPS, Santo Domingo.
- Solidaridad Internacional, 2002: Estrategia: *"Equidad y contribución a la Paz en Democracia y Participando en un modelo integrado de Desarrollo"* Proyecto: Fortalecimiento de las organizaciones de Mujeres y Jóvenes para el aumento de la participación en la gestión y el desarrollo local. FASE II, 2002-2006. Memoria 2006 de Solidaridad Internacional, Madrid.

- Solidaridad Internacional, 2005: Construcción de un sistema de acueducto rural con paneles solares en la zona de Sitio Nuevo y Mogote, Pedernales, 2006-2007. Memoria 2006 de Solidaridad Internacional, Madrid.

- Solidaridad Internacional 2006-a. Desarrollo de las capacidades locales apoyando el fortalecimiento social y educativo. Construcción y equipamiento del Centro Técnico-Vocacional de la Provincia de Pedernales, 2006-2007. Memoria 2006 de Solidaridad Internacional, Madrid.

- Solidaridad Internacional, 2006-b. Identificado del convenio: Soberanía alimentaría a través del apoyo a la pequeña producción agrícola y ganadera familiar y el desarrollo de redes de comercialización local, dirigido a las poblaciones más desfavorecidas de República Dominicana y Haití con atención especial en las zonas fronterizas (Pedernales- Anse-á-Pitre), 2006-2010. Memoria 2006 de Solidaridad Internacional, Madrid.

UNESCO-MAB, 1974. Grupo especial de Trabajo sobre Criterios y Orientaciones para la elección y el Establecimiento de Reservas de Biosfera. *Serie de Informes del MAB, N° 22, París.*

**SOSTENIBILIDAD Y SERVICIOS AMBIENTALES:
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE UN MARCO CONCEPTUAL
CONTEXTUALIZADO PARA ÁREAS RURALES**



SOSTENIBILIDAD Y SERVICIOS AMBIENTALES: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE UN MARCO CONCEPTUAL CONTEXTUALIZADO PARA ÁREAS RURALES

1. Resumen

En este trabajo se consideran los marcos operativos que, a través del estudio bibliográfico efectuado, teniendo muy en cuenta el que proviene de autores latinoamericanos, nos permite poder encuadrar las interrelaciones entre cuestiones tales como desarrollo rural - desarrollo local- agricultura sostenible. Esta perspectiva es actualmente básica para todo tipo de estudio en que se ubique cualquier territorio de la región Latinoamericana y del Caribe, rica en servicios ambientales, pero afectada por el denominado “pentágono de insostenibilidad”. Se hace además “una lectura” de toda esta temática con el fin de que permita ser contemplada tanto en la educación formal, especialmente con escolares, como en la no-formal, especialmente dirigida a los agricultores o campesinos, dado que estos dos colectivos humanos son juzgados como principales protagonistas para la sostenibilidad en el medio rural.

Palabras clave: desarrollo sostenible, territorio rural latinoamericano y caribeño, servicios ecosistémicos, educación para la sostenibilidad.

Objetivos y metodología

Nuestra formación teórica en materia de desarrollo sostenible, fundamentada en gran parte por referencias bibliográficas europeas y norteamericanas, han constituido no solo un elemento de reflexión personalizada, sino que han servido para hacer una relectura de la misma a la luz de la literatura latinoamericana al respecto. Por otra parte, el trabajo recientemente desempeñado en cuanto al desarrollo en un territorio rural fronterizo entre República Dominicana-Haití, nos ha implicado estudiar de forma contextualizada diversos aspectos que pensamos deben tenerse en cuenta para el desarrollo sostenible de esta y otras zonas análogas. Se ha hecho un esfuerzo por encontrar citas de autores latinoamericanos respecto a esta temática y que se ubiquen en estudios de casos en la región Latinoamericana y del Caribe. En lugar de exponer una cronología de principales ideas que se han venido abordando, se ha optado por contextualizarlas bajo aquellos epígrafes que más pueden adaptarse a conseguir un desarrollo sostenible de territorios rurales con interés ecológico, como serían los casos de espacios protegidos, abundantes en los mismos, así como las áreas rurales transfronterizas entre países latinoamericanos, muchas de ellas marcadas por elementos importantes del medio natural, como es el caso de cuencas hidrográficas.

2. Resultados y discusión

2.1 Consideraciones acerca del concepto sostenibilidad

El sociólogo y rector de la Universidad Bolivariana de Santiago de Chile, Antonio Elizalde, decía recientemente que la *sostenibilidad constituye el principal pretexto o argumento para realizar un cuestionamiento radical al estilo de desarrollo dominante, a los valores hegemónicos, a la cosmovisión o paradigma vigente y a la civilización occidental* (Elizalde, 2005). Porque para este autor, aunque uno no se puede negar a ver la pobreza, la miseria, la violencia o la explotación, como ha sucedido históricamente, no puede hacer lo mismo con los problemas ambientales.

Se le atribuye a Lester R. Brown el concepto de sostenibilidad formulado en 1981, en la línea de armonizar las necesidades materiales de la sociedad, el desarrollo económico y el crecimiento de la población, con la utilización racional de los recursos naturales (Rubio et al., 2006). Pero la aceptación generalizada del propósito de hacer más sostenible el desarrollo económico es, sin duda, ambivalente. Desde una perspectiva histórica y siguiendo a Vidal-Beneyto (2003), el origen de la sostenibilidad tendría unas raíces más lejanas que se situarían en el concepto de progreso de la época de la ilustración que a lo largo de la historia reciente y paulatinamente fue perdiendo fuerza y contenido hasta ser prácticamente abandonado en las primeras décadas del siglo XX. A partir de la segunda mitad de ese siglo, se producen grandes transformaciones económicas y geopolíticas que modifican las relaciones entre el sistema humano y el medio ambiente. Así, desde la primera Conferencia de Estocolmo en 1972, y sobre todo a partir de la Conferencia de Río de 1992, ambas organizadas por la ONU, (se viene apreciando un proceso de acercamiento progresivo en cuanto a la interpretación conjunta de los problemas del desarrollo y del medioambiente, con el reconocimiento explícito de la complementariedad entre el desarrollo socioeconómico y la protección ambiental (Hernández, 1996; Jiménez Herrero, 2000; Rubio et al., 2006).

El concepto de sostenibilidad surge pues como por vía negativa; es decir, como resultado del análisis de las situaciones del mundo, que podrían describirse como “una emergencia planetaria” (Bybee, 1991). Para este último autor, se trata de un concepto absolutamente nuevo: la sostenibilidad constituye la idea central unificadora más necesaria en este momento de la historia de la Humanidad”, supone pues contemplar las relaciones de la humanidad con la naturaleza desde enfoques distintos a los contemplados hasta finales del siglo pasado, (Hernández, 1997; Novo, 2006).

Sin embargo, el principio de sostenibilidad emerge en el contexto de la globalización como la marca de un límite y el signo que reorienta el proceso de civilización de la humanidad (Enrique, 1996). La sostenibilidad se convierte así como un paradigma complejo cuya formulación es escenario de discusiones entre diferentes ideas y valores acerca de la ecología, la economía, la sociedad y la política. Una virtud de este concepto consiste en colocar en un mismo plano el medio ambiente y el desarrollo socioeconómico como integrantes de una misma realidad (Torres y Cruz, 1999; Martínez, 2002).

Muchos autores afirman que la sostenibilidad ha venido a evidenciar los límites de una racionalidad fundada en el progreso y el desarrollo económico como elementos indisolubles: su aparición ha ofrecido la posibilidad de mejores oportunidades de vida. El interés por generar procesos productivos más sostenibles, se ha globalizado en la medida en que los efectos, tanto ambientales como sociales, se han hecho presentes en todo el mundo (Torres et al., 2004). Sin embargo, el significado del término *sostenibilidad* es mucho más complejo y se refiere a un modelo de una visión holística que abarca la organización social y económica basada en un desarrollo equitativo y participativo que incluye al ambiente y los recursos naturales como el fundamento de la actividad socioeconómica (Astier, 2005). Aunque parece que el tiempo de la sostenibilidad ha llegado, muchos grupos económicos se muestran reacios a adoptar los principios que ella ofrece, porque afectan sus intereses. Sin embargo, de la misma forma que se han ido globalizando procesos económicos, también se han ido desarrollado nuevas alternativas de producción. En este sentido, muchos grupos están contribuyendo al discurso de la sostenibilidad, generando mejores posibilidades de vida, participando en la formación de nuevas racionalidades fundadas en los límites de la naturaleza y en las potencialidades de sus culturas. (Jiménez Herrero, 2000)

Todas estas consideraciones permiten hablar de varias dimensiones de la sostenibilidad: sostenibilidad ecoambiental, sostenibilidad cultural, sostenibilidad política, sostenibilidad económica y sostenibilidad social, (Elizalde, 2005). Así mismo, también este concepto y su filosofía ha venido siendo frecuentemente relacionado con la actividad agraria, (Gómez Sal, 1995; Montserrat, 1997; Jiménez Mejía, 1998, Sachs, 2005). Es pues deducible el impacto de este concepto en muchos de los ámbitos del conocimiento tanto de las ciencias sociales como de la naturaleza. Quizá por ello la UNESCO ha querido que estos conocimientos vayan entrando también en el ámbito educativo, como para lanzar todo un Programa de Educación para la Sostenibilidad en la década 2005-2015, probablemente porque la sostenibilidad se ha alzado como revolución cultural, (Vilches et al , 2007).

2.2 Desarrollo rural, desarrollo local y agricultura sostenible

En la actualidad, el concepto de “desarrollo sostenible” procura integrar y asociar las dimensiones económica y social con la dimensión ecológica. Surge al final de los años sesenta, como alternativa a la estéril confrontación que había opuesto la conservación de la naturaleza al crecimiento económico planteado y analizado desde los tiempos de Malthus. Esta preocupación por el medio ambiente se agrega a un debate mucho más antiguo, y siempre actual, referente a la forma excluyente y concentrada, social y espacialmente, de la acumulación del capital a nivel mundial (Cardoso y Faletto 1975). Obviamente, se hace necesario un cambio sustancial de enfoque en las políticas y programas sobre el desarrollo. Sin embargo, hoy por hoy no existe consenso acerca del significado de desarrollo sostenible, ya que tampoco lo hay acerca de qué es lo que debe gestionarse para la conservación de los recursos naturales del planeta. Así, para unos, el desarrollo sostenible consistirá en “sostener” los recursos naturales (Olman y al, 1992; Carpenter, 2003). Para otros, lograr la sostenibilidad de todos los recursos, capital humano, capital físico, recursos ambientales, recursos no renovables (Bojo et Cassells, 1995); o bien, perseguir la integridad de los procesos, ciclos y ritmos de la naturaleza (Shiva, 1989). Cairns (1996), por su parte, hace referencia a la búsqueda de un equilibrio entre los servicios que nos prestan los ecosistemas y los que recibimos de la tecnología.

Basándose en todos los eventos internacionales importantes realizados a partir de la Conferencia de Estocolmo en 1992, los especialistas siguen debatiendo sobre qué estrategia de desarrollo sostenible hay que aplicar para que el desarrollo tecnológico y los servicios ambientales sean compatibles, de modo que el bienestar de las generaciones presentes y futuras esté asegurado. Este proceso permanente de transformación del territorio o de evolución del mismo requiere una visión integral de gestión global de los espacios y usos, que ensamble y compatibilice el desarrollo económico y social con la conservación, la protección y la recuperación de procesos ecológicos degradados y la revalorización de multitud de variables ambientales afectadas por las actividades humanas de consumo y producción. Se va produciendo así una progresiva diversificación y una complejidad creciente en las necesidades sociales, que requieren, para ser satisfechas, un proceso productivo más sofisticado (Bifani, 1999). De manera muy especial, en el Caribe se está prestando una atención muy particular a la degradación del bienestar de los ciudadanos, por la destrucción o el mal manejo de los recursos naturales (UNEP, 1999).

Estamos de acuerdo con Buarque (1994), en que el desarrollo sostenible debe concebirse como el proceso de transformación y aumento de las oportunidades sociales que compatibiliza, en el tiempo y en el espacio, el crecimiento económico, la conservación de ecosistemas y la equidad social, con democracia y participación de la

sociedad en las elecciones y decisiones. Teniendo en cuenta todas estas consideraciones, abordamos a continuación aquellas cuestiones que son precisas tener en cuenta para las intervenciones en el desarrollo rural.

2.2.1 Desarrollo rural

La teoría del desarrollo rural y su práctica, ha evolucionado, de manera significativa, durante las últimas décadas. Diversos autores, (Ellis y Biggs, 2001), han destacado la necesidad de formular planteamientos creativos para enfrentar el desafío que entraña el desarrollo rural. Así, el enfoque territorial del desarrollo rural constituye un paso importante en esa dirección. En dicho enfoque convergen varios de los énfasis privilegiados por aproximaciones anteriores, como el desarrollo comunitario, los pequeños productores y el desarrollo rural integrado (IICA, 2003). Asimismo, se incorporan algunas de las visiones más recientes, que destacan aspectos como la participación y el empoderamiento de los pobladores rurales, y se retoman los principales elementos conceptuales de la nueva ruralidad, noción desarrollada durante los años noventa y que también ha generado un importante conjunto de literatura (Pérez, 2001; Gómez, 2002; Echeverría y Ribero, 2002).

Durante la década de los años noventa, se ha revitalizado una conciencia generalizada tanto por parte de la Unión Europea, de América del Norte, como del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), para aplicar políticas de desarrollo rural, con el fin de dar oportunidades a las sociedades rurales de los países de esos estados.

Paralelamente, la práctica del desarrollo rural también experimentó cambios significativos, sobre todo en Europa, a través de los programas, LEADER I y II y la PAC (Política Agraria Comunitaria) como bien se aborda en Jiménez-Mejía (1998). Ello condujo a un replanteamiento de las políticas agrícolas y de desarrollo rural, las cuales abandonan el énfasis sectorial para reconocer explícitamente al territorio, como el objeto de las políticas públicas orientadas a promover el desarrollo rural, (Delgado, 2001; Sarraceno, 2000 y 2002). Igualmente, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (Miranda et al., 2002), es pionero en la realización de diferentes experiencias de desarrollo rural en muchas partes de América Latina. El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) también ha venido impulsando un nuevo planteamiento de trabajo en el ámbito rural, donde se destaca la necesidad de promover la economía rural con un enfoque territorial en el que las diversas acciones sectoriales se refuercen mutuamente. Un proceso semejante es el que puede encontrarse también en la Alianza para la Ruralidad Canadiense (Canadian Rural Partnerships -CRP-), principal estructura política diseñada por el Gobierno de Canadá para respaldar los esfuerzos de la sociedad canadiense en lo referente a las políticas rurales. Con estas aproximaciones se vienen generando en casi todo el mundo un consenso en torno a asuntos que resultan críticos para el desarrollo sostenible en el ámbito rural, con base en la complementariedad de diversas áreas de acción, especialmente promovidas por los Bancos y las Organizaciones Técnicas y Financieras multilaterales y bilaterales que actúan en América Latina y el Caribe (Echevarría, 2000, Sepúlveda et al., 2003).

Sin ninguna duda, en la actualidad parece imprescindible que cualquier esquema de contribución al progreso de las condiciones de bienestar social de las poblaciones locales o regionales, depende de un soporte notable de condiciones ecológicas y ambientales de carácter estructural y funcional. La conciliación de las actividades productivas (agropecuaria y forestal) con la conservación de los recursos naturales renovables y del medioambiente, se inscribe en este enfoque y representa una necesidad y un gran desafío para muchos países, (Guzmán et al, 2000). Pero esta sostenibilidad es

también vista como una contribución potencial al fortalecimiento y ejercicio de la democracia para amplios sectores de la población, particularmente en el medio rural (IICA, 2000). Y es que la pobreza rural es producto, y a la vez causa, de los desequilibrios estructurales nacionales. Esto implica que cualquier esfuerzo que se realice para resolver esta situación, requiera de un esquema de distribución amplia de mecanismos que lleven a la satisfacción de necesidades básicas, de condiciones para establecer un manejo adecuado de la base de recursos productivos y de apoyos para la expresión de las características sociales e individuales de los actores en condición de pobreza, (Sachs, 2005). Si bien determinadas inversiones en el ámbito de la salud, la educación primaria y las infraestructuras pueden desactivar la trampa de la pobreza extrema, se reconoce que la creciente degradación medioambiental en los entornos rurales amenaza su sostenibilidad a largo plazo. El desarrollo rural, por tanto, debe buscar la creación de condiciones para la diversificación del aparato productivo y de los servicios ambientales en la sociedad rural.

La principal dificultad para la comprensión de la dinámica del proceso de desarrollo de las sociedades rurales reside en la complejidad de la realidad y en el enorme desafío que implica hacer operativos los modelos teóricos de interpretación de esas sociedades. Este problema se agranda cuando se trata de incorporar nuevas teorías y nuevos modelos de interpretación e intervención en la realidad, en especial cuando se trabaja con visiones más amplias y complejas, como el desarrollo sostenible (Miranda et al., 2002). Así, esta categoría de desarrollo de las sociedades rurales, se muestra como parte de un proceso que se vincula, cuando menos, con tres grandes componentes según IICA (2003): a) la base de los recursos naturales y el medio ambiente; b) la producción y el comercio; y c) la organización socio-cultural e institucional. Es decir, los agentes económicos utilizan la base de recursos naturales y adquieren insumos para satisfacer sus necesidades de producción, ofreciendo bienes y servicios a los consumidores mediante la intermediación de los mercados y sus respectivos agentes, en el marco de la organización y las circunstancias sociales de un sistema institucional que demanda condiciones de operación.

No sabemos si teniendo en cuenta lo expuesto, así como el creciente abandono de parte de la población campesina hacia áreas urbanas en la región latinoamericana, podrá llegarse al despoblamiento rural que constata Sancho Comins (2001) para países desarrollados. No obstante, de acuerdo con dicho autor, el sostenimiento de la vida en las regiones deprimidas y la revitalización de una plurifuncionalidad del territorio rural, son claves para evitar la pérdida definitiva de un equilibrio territorial necesario.

Por otra parte, la agricultura y la ganadería siguen siendo reconocidas como los principales usos del territorio en el medio rural, aunque se caracterizan por unos niveles bajos de productividad. Por ello, estas actividades deben formar parte de cualquier formulación de Proyectos para la Planificación Rural y el Desarrollo. En ellos hay que dar mayor énfasis a las estrategias de manejo de la cobertura vegetal, orientadas hacia la restauración de la regulación hidrológica, la recuperación de la capacidad productiva del suelo y el incremento de los niveles de biodiversidad local, como base para fortalecer la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas de producción y reducir el nivel de pobreza en el mundo rural según Guzmán et al., (2000). Para nosotros, serán importantes también, el conocimiento de los servicios de los ecosistemas presentes en cada uno de estos territorios.

Para terminar este epígrafe, lo hacemos asumiendo las palabras expuestas por el IICA, (2003), al decir que “el desarrollo sostenible puede servir como un proceso de transformación de las sociedades rurales y sus unidades territoriales, centrado en las personas, participativo, con políticas específicas dirigidas a la superación de los

desequilibrios sociales, económicos, institucionales, ecológicos y de género, que busca ampliar las oportunidades de desarrollo humano”. El reto implica cambios en la institucionalidad de la agricultura y de lo rural, así como un esfuerzo de reflexión y de creación de alternativas innovadoras.

2.2.2 *Desarrollo local*

Otro concepto totalmente relacionado con el apartado anterior es el del “desarrollo local”. Se define como un proceso de crecimiento económico y de cambio estructural que conduce a una mejora en el nivel de vida de la población local, en el que se pueden identificar tres dimensiones: una económica, en la que los empresarios locales usan su capacidad para organizar los factores productivos locales con niveles de productividad suficientes para ser competitivos en los mercados; otra, sociocultural, en que los valores y las instituciones sirven de base al proceso de desarrollo; y, finalmente, una dimensión político-administrativa en que las políticas territoriales permiten crear un entorno económico local favorable, protegerlo de interferencias externas e impulsar el desarrollo local. Esta definición de Vázquez-Barquero (1988), no excluye que hagamos algunas breves consideraciones respecto al concepto que nos ocupa en este apartado.

a) *Significados de la terminología*

Diremos en primer lugar, que esta terminología empezó a surgir a principios de los años setenta como alternativa ante un periodo de crisis económica y un problema global de reestructuración del sistema productivo europeo (Boisier, 1999). En la última década las comunidades locales han tratado de dar una respuesta a sus problemas intentando dinamizar el ajuste de los sistemas productivos locales. En este contexto, se considera que el interés por el desarrollo local es una respuesta directa de los agentes locales a los nuevos desafíos derivados de los procesos de reestructuración y ajuste económico.

Desde el contexto de los países económicamente ricos, el desarrollo local tiene como objetivo potencial el uso participativo y multisectorial de la tecnología, las comunicaciones y la información, de tal manera que les permitan ampliar sus posibilidades de adquirir nuevos conocimientos y proyectarse mejor, en función de mejorar la calidad de vida de sus habitantes, como un esfuerzo integrado y articulado al país, la región y el mundo. Implica la búsqueda del bienestar social y la mejora de la calidad de vida de la comunidad local y concierne a múltiples factores, tanto públicos como privados que deben movilizar los numerosos factores, para responder a la estrategia de desarrollo previamente consensuada (Barreiro, 2000). Como consecuencia, el desarrollo local ha sido redefinido como “la movilización coordinada de los agentes sociales y económicos locales - de acuerdo con el interés común de defensa y dinamización de su región -, con el objetivo de asumir las responsabilidades de planeamiento y gestión de las estrategias de desarrollo y promoción de actividades correspondientes, a partir de iniciativas y recursos locales, (Miranda et al., 2002

Las estrategias adoptadas actualmente corresponden a aspectos productivos y económicos relacionados a la promoción de la actividad económica. Sin embargo, este tipo de desarrollo debe incluir también, las estrategias y perspectivas de carácter social y medioambiental. Así, no podemos olvidar que son los gobiernos locales los que conocen de primera mano los recursos de los que se dispone, tanto de capital natural y productivo como social. No obstante, el conocimiento de estos factores por sí mismos no significa nada. Este conocimiento debe articular tanto a los agentes económicos como a los agentes sociales, de manera que puedan organizarse mediante redes productivas e institucionales de distintos niveles que permitan mejorar el crecimiento y el bienestar colectivo (IICA, 1999). Hay que tener en cuenta que el concepto de desarrollo local se modifica en la medida que lo hace el modelo de sociedad que perseguimos. Es, por tanto, un concepto vivo en continua reflexión y evaluación.

Una característica, no siempre mencionada en forma explícita pero presente en los abordajes teóricos sobre el desarrollo económico local, es la que refiere al papel central del conocimiento. Así, los individuos tienen mayores oportunidades en el mercado laboral cuando son mejores sus niveles de formación, y las empresas obtienen mayores niveles de productividad cuando logran utilizar de manera efectiva el conocimiento. Por ello, los territorios y sociedades locales poseen más oportunidades cuanto mayor sea su capital de conocimientos, (Villar, 2002). La disponibilidad y calidad de los recursos humanos son factores clave para el desarrollo de una localidad o región ya que los mismos tienen fuerte repercusión sobre la productividad del sistema empresarial, la competitividad territorial y el modelo cultural sobre el que se edifica el proceso de cambio y crecimiento económico. De esta manera, los recursos humanos cualificados se convierten en activos estratégicos para lograr mejoras en la competitividad territorial.

Desde nuestra experiencia podemos afirmar lo constatado por diferentes autores en relación a que los procesos de desarrollo local que han alcanzado niveles de sostenibilidad, han logrado generar confianza entre los diversos tipos de liderazgos mediante el establecimiento de mecanismos de negociación que especifican y reasignan roles de los diferentes actores. Pero es un hecho que esta situación pasa por una educación ambiental contextualizada como apuntábamos en la parte introductoria

El desarrollo local es un concepto sustantivo que alude a una cierta modalidad de desarrollo y que puede tomar forma en territorios de variados tamaños, pero no en todos, dada la intrínseca complejidad del proceso, (Boisier,1999). Es evidentemente que no se puede asimilar el concepto de desarrollo local a la sola idea de comunidad, a lo municipal. En realidad, lo “local” sólo tiene sentido cuando se mira “desde afuera y desde arriba”. Por ello, las regiones constituyen espacios locales percibidos desde el país, al igual que la provincia es local desde la región. No obstante, Di Pietro (1999), opina que lo local es un concepto relativo a un espacio más amplio. No puede analizarse lo local sin hacer referencia al espacio más abarcador en el cual se inserta (municipio, departamento, provincia, región, nación). Actualmente se juega con la contraposición ‘local/global’ mostrando las paradojas y relaciones entre ambos términos.

Todo ello nos lleva a decir que hay una considerable confusión en la literatura en relación a la idea de desarrollo local. Ello se debe, al parecer, a dos causas: primeramente se trató de una “práctica sin teoría”. Según Guimaraes (1997), el término desarrollo económico local describe una práctica de muchas teóricas: una práctica que, de hecho, nunca puede encontrarse una teoría integral y aplicable al sustantivo. Por otra parte, se reconoce por lo menos con tres matices en su significado conceptual: a), el desarrollo local es la expresión de una lógica de regulación horizontal que refleja la dialéctica centro/periferia, una lógica dominante en la fase pre-industrial del capitalismo, pero que sigue vigente aunque sin ser ya dominante, (Muller,1990); b), el desarrollo local es considerado, sobre todo en Europa, como una respuesta a la crisis macroeconómica y al ajuste, incluido el ajuste político supra-nacional implícito en la conformación de la UE; casi todos los autores europeos ubican el desarrollo local en esta perspectiva; y c), el desarrollo local es estimulado en todo el mundo por la globalización y por la dialéctica global/local que ésta conlleva (Boisier, 1999). Aunque son muchos los autores que en diversos continentes han tratado sobre el desarrollo local, curiosamente pocos se atreven a definir con exactitud dicho concepto. De todas formas, exponemos a continuación una visión desde el continente latinoamericano organismos o agencias internacionales.

b) *Desarrollo local en el contexto latinoamericano*

El intento de una configuración espacial alternativa, capaz de generar una acumulación local con singularidades específicas en un escenario globalizante, presenta su sustento

conceptual a partir de la capacidad propia o endógena que tiene una localidad por generar mecanismos de creación de riqueza sobre la base de sus recursos específicos (Arocena, 1999; Alburquerque, 2001). Esta perspectiva, que para muchos autores se denomina desarrollo local (Fernández y Gaveglia, 2000; Vázquez-Barquero y Madoery, 2001), o más específicamente en el ámbito rural se le suele designar como desarrollo territorial rural (Schejtman y Berdegué, 2003), presenta una concepción del desarrollo como algo generado a partir de las capacidades de los propios agentes locales (Madoery, 2000).

Es así que entre las precondiciones que se necesitan para iniciar un proceso de estas características se encuentra el capital social, la identidad territorial, la identificación de un mercado dinámico a crear o existente, un poder público capaz de impulsar estos procesos y cierta presencia de liderazgo (Chorlavi, 2004). Alburquerque (1999), expresa que entre las condiciones para impulsar las capacidades de desarrollo local se encuentran la presencia de una masa crítica de proyectos, un liderazgo local con credibilidad y poder de decisión, y una unidad territorial de actuación de las iniciativas de desarrollo local. Buarque (1999), revela que el desarrollo local es un proceso endógeno registrado en las pequeñas unidades territoriales o agrupación de seres humanos capaces de promover o dinamizar la economía y la calidad de vida de la población. Estos planteamientos del brasileño Buarque se enmarcan en la primera matriz referencial del desarrollo local, como lógica de regulación horizontal. Así mismo, otros autores manifiestan que el desarrollo local debe surgir necesariamente de una planificación estratégica donde quede claramente pautado que consiste en un proceso, resultado del esfuerzo organizado de toda la sociedad, (Victory, 1997; Arocena, 1998),

Sin embargo, en América latina y el Caribe, el concepto moderno de desarrollo local supone un importante cambio estratégico en la concepción del desarrollo y de los roles que deben cumplir los distintos niveles del estado (Villar, 2002). En efecto, el modelo clásico de desarrollo ha estado ligado al crecimiento económico y está asociado a la implantación de grandes fábricas, generalmente de capital transnacional, que traen consigo la generación de empleo y la proliferación de pequeñas y medianas empresas ligadas, de alguna manera, a la producción de la gran empresa. Este modelo se considera como “desarrollo exógeno”, ya que las fuerzas que lo impulsan arriban desde “afuera” del territorio en el que se asientan y responden a la lógica del mercado globalizado antes que a las particularidades y necesidades locales, Boisier (1997). Por el contrario, sostiene este autor chileno, que el desarrollo debe ser considerado como más y más endógeno, debido a su estrecha asociación con la cultura local y con los valores que ella incluye.

Si el desarrollo es un fenómeno de un alto contenido axiológico, algunos valores son universales, pero la mayoría hacen relación a un carácter particular a la sociedad local. Asimismo, frente a este modelo clásico, se ha comenzado a difundir, sobre todo en Europa y Canadá, la idea del “desarrollo endógeno”, (Villar, 2002). Este modelo expuesto por el autor argentino citado, tiene como principal sostén la revalorización del territorio y de los recursos locales. De esta manera, la discusión y el énfasis en las iniciativas localistas se convierten en partes fundamentales de un amplio proceso de toma de consciencia, a escala local, sobre la necesidad de revertir los efectos sociales negativos del funcionamiento no regulado del sistema económico.

Nos reafirmamos con otros muchos autores latinoamericanos en que el concepto de desarrollo local solo se potenciará si se asegura la participación de todas las personas de una comunidad; por lo tanto, cuando todas ellas ejerzan la ciudadanía a plenitud. Este proceso ha conducido a los agentes locales, públicos y privados, en algunos países

Europeos a la búsqueda de soluciones alternativas en su universo específico y contando, esencialmente, con recursos económicos propios que actúen como verdaderos promotores de su propio desarrollo. Y en los países considerados en vías de desarrollo estas ideas son plasmadas en proyectos que son subvencionados por

2.2.3 *La agricultura sostenible*

Íntimamente vinculado al desarrollo rural está la agricultura sostenible. De la misma manera que la discusión sobre sostenibilidad y desarrollo sostenible es abundante y compleja, ocurre con la agricultura sostenible. Una evolución histórica en relación a este concepto puede abordarse siguiendo el trabajo de Harwood, (1990).

El modelo de agricultura que se ha venido aplicando durante décadas ha olvidado dos de los componentes esenciales de la sostenibilidad, el medioambiental, garante del mantenimiento de los ecosistemas y la biodiversidad, y el social, tendente a la equidad y solidaridad, centrándose únicamente en lo económico. Esto ha llevado a la excesiva especialización en las prácticas agrícolas y a la concentración de las explotaciones. Asimismo, se ha producido un uso cada vez mayor de abonos químicos, herbicidas y plaguicidas, (FAO, 2006). Años antes, esta organización había optado por una definición de agricultura sostenible en los siguientes términos: “es aquella que permite el manejo y conservación de la base de los recursos naturales, y la orientación de los cambios tecnológicos y sociales, de manera tal que asegure alcanzar y continuar la satisfacción de las necesidades humanas para las presentes y futuras generaciones”. Esta definición fue adoptada por la FAO en la Conferencia sobre Agricultura y Medio Ambiente celebrada en 1991 (FAO, 1991).

Se reconoce pues que el modelo de agricultura convencional, fundamentalmente basado en un modelo de desarrollo industrial, que ve los sistemas agrarios como factorías y considera los campos de cultivo, las plantas y animales como simples unidades de producción, ha causado además de la aparición de excedentes de productos agrícolas en los países desarrollados, un manifiesto deterioro del medio ambiente. Una visión meramente tecnológica de la agricultura es una visión sesgada que lleva a concebirla como una empresa productivista, cuantitativa y simplificadora, que basa sus objetivos a corto plazo y es incapaz de superar el reto de producir conservando, como ha manifestado Labrador y Altieri (1995). No es sorprendente por tanto, que las consideraciones acerca de un desarrollo sostenible acaben tratando de agricultura sostenible.

Altieri, (1994), se refiere a la agricultura sustentable como un modo de agricultura que intenta proporcionar rendimientos sostenidos a largo plazo, mediante el uso de tecnologías y prácticas de manejo que mejoren la eficiencia biológica del sistema. Por lo tanto, los esfuerzos se orientan a optimizar el agroecosistema en su conjunto, en lugar de concentrarse en maximizar los rendimientos a corto plazo. La perspectiva de estudio de la sostenibilidad en los sistemas agrarios está relacionada con la facultad de éstos para mantener la producción a través del tiempo, afrontando las restricciones ecológicas a largo plazo y las presiones socioeconómicas. El proceso para conseguir ese producto final es, de hecho, la productividad. Pero se suele olvidar que la estabilidad es la constancia de producción bajo un conjunto de condiciones ambientales, económicas y de gestión (Altieri, et al., 1993).

Ya hace algunos años se opinaba que había que implicar a la investigación ecológica en el conocimiento y dinámica de los sistemas agrarios, en particular en aquellos lugares situados en zonas donde por limitaciones del ambiente físico, no fueran admisibles los métodos de la agricultura industrial (Gómez Sal, 1993, Jiménez Mejía, 1998). Así, algunos autores han tratado de la necesidad de trabajar con una perspectiva sistémica y de cubrir una multiplicidad de objetivos, (Levins and Vandermeer ,1990; Hernández et

al, 1993). De esta manera la producción sostenible en agroecosistemas está orientada a entender el *sistema* como un todo, con énfasis en las metas múltiples de producción, reducción de erosión de los suelos y de fertilizantes, el no uso de herbicidas, protección de la salud de los trabajadores agrícolas y de los consumidores, protección del medio ambiente y flexibilidad de los sistemas de manejo a largo plazo.

No obstante, pensamos que promover el manejo sostenible de los recursos naturales es una tarea impostergable que requiere de nuevos enfoques y estrategias, como bien han expresado Masera et al., (1999). El paradigma productivista, basado en una concepción reduccionista de la naturaleza y la sociedad, que ha dominado la investigación y el desarrollo de alternativas de manejo en la agricultura, al igual que en otras esferas científicas y/ sociales, se ha mostrado cada vez más inapropiado para hacer frente a la compleja problemática actual.

El concepto de agricultura sostenible en Centroamérica y el Caribe ha sido objeto de un amplio debate (Trigo, 1991; Inchastegui, 1997; Barbier Bergeron, 1999, Nichols, 2006). Todos estos estudios coinciden en destacar el carácter multidimensional del concepto de sostenibilidad, así como que la agricultura tiene como papel central la producción de bienes agrícolas, pero cumple al mismo tiempo funciones tales como la seguridad alimentaria, la conservación ambiental del medio físico, la protección de la biodiversidad, la seguridad sanitaria, y el equilibrio demográfico entre campo y ciudad. Hay que añadir además que la agricultura sostenible persigue también una distribución justa y equitativa de los costos y beneficios asociados con la producción agrícola; se preocupa por el rescate crítico de prácticas de manejo utilizadas por diferentes etnias y culturas y busca reducir las desigualdades actuales en el acceso a recursos productivos. Intenta además, desarrollar tecnologías y sistemas de manejo adaptados a la diversidad de condiciones ecológicas, sociales y económicas locales. Finalmente, la agricultura sustentable trata de ser rentable económicamente, sin dejarse llevar por una lógica de corto plazo.

2.3 Servicios ambientales / Servicios de los ecosistemas

Si bien en el epígrafe anterior hemos considerado la interrelación del desarrollo rural desarrollo local-agricultura sostenible, se hace necesario contemplar ahora el aspecto denominado genéricamente “servicios ambientales”, ya que la trilogía aludida no es separable de esta otra cuestión

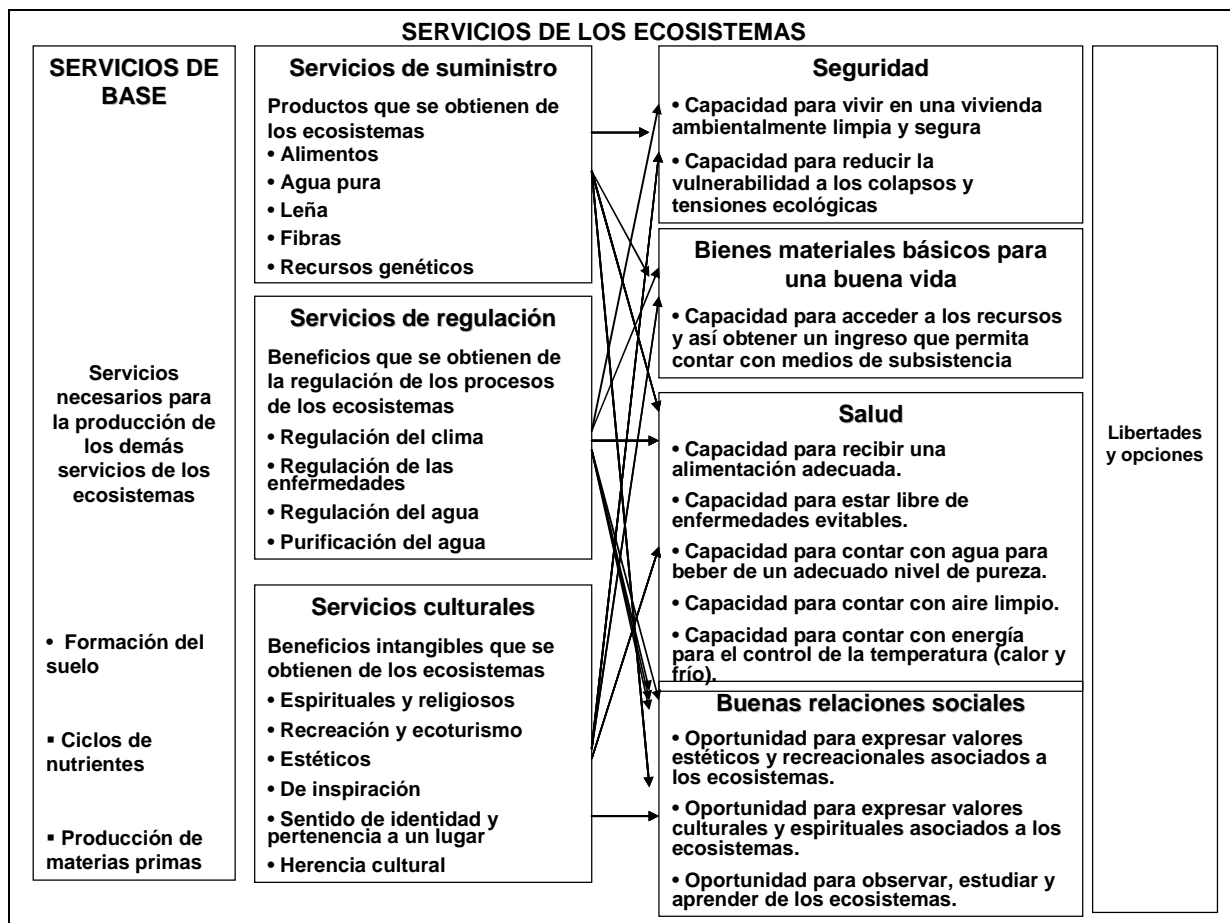
Se ha venido denominando “servicio ambiental” a las posibilidades de utilizar productos de la naturaleza tales como el agua, la obtención de materias primas, la producción de alimentos, la conservación de las especies, el tratamiento de residuos, la protección ante desastres naturales, la retención de sedimentos entre algunos, por los humanos para su propio bienestar. Asimismo se ha dicho también que los servicios ambientales son aquellas funciones de los ecosistemas que generan beneficios y bienestar para las personas y las comunidades (Huetting et al., 1998). Para Daily, (1997),

Los servicios ambientales tienen como principal característica que no se gastan y no se transforman en un proceso de manejo, pero generan indirectamente utilidad al consumidor. Son precisamente las funciones ecosistémicas las, que utiliza el hombre y las que le generan beneficios económicos. Sin embargo, los servicios ambientales no suelen estar regulados por las reglas del mercado, pero tampoco se les ha dado el valor real que representan para la sociedad, ya que al no tener un mercado definido y no existir el conocimiento sobre su cuantificación, son considerados externalidades del mercado.

Actualmente desde la ecología se está optando por ir sustituyendo esta terminología de “servicios ambientales” por la de “los servicios de los ecosistemas”. Son estos últimos

los procesos por los cuales los ecosistemas producen recursos que a menudo damos por descontado, como por ejemplo, el agua limpia, la madera, el hábitat para las pesquerías y la polinización de las plantas nativas y agrícolas. Montes y Salas (2007), señalan que, a diferencia del término “desarrollo sostenible” que tuvo su génesis en el ámbito de la palabra gestión, “los servicios de los ecosistemas” emergieron en el mundo científico, tratando de recoger la idea del valor social de la Naturaleza, que tuvo su origen en los años setenta, pero que ha sido recientemente cuando se ha convertido en un concepto emergente, promovido por las Naciones Unidas durante el desarrollo del Programa Científico Internacional denominado la “Evaluación de los Ecosistemas del Milenio” (Millenium Ecosystem, Assesment, 2005). Ello ha permitido disponer de unas categorías más precisas para definir los servicios que nos aportan los ecosistemas (ver figura 1), y que debemos asumir como referencia para cualquier tipo de trabajo ubicado en áreas rurales, especialmente si se trata de albergar algunos ecosistemas con categoría reconocida de conservación (parques naturales, reservas de la biosfera, espacio protegido).

Figura 1



Lógicamente, si no conocemos bien estos servicios, no solo no vamos a poder beneficiarnos de ellos, sino que los seguiremos degradando. A esta última cuestión se ha referido el Informe final de la evaluación citada (EM), ya que la capacidad del planeta para suministrar servicios está decreciendo.

Tabla 1. Servicios de los bosques

Servicios ambientales	Funciones	Ejemplos	Ámbito de influencia
Relacionados con la conservación del agua			
1. Captación de lluvias	Infiltración de la lluvia en zonas de máxima precipitación	Recarga de acuíferos y provisión para otros usos	Regional
2. Captación de humedad	Captación de brumas y del rocío de la mañana	Recarga de acuíferos y provisión para otros usos	Regional
3. Regulación hídrica	Regulación de los flujos hidrológicos	Provisión de agua para usos en riego, industria y consumo.	Regional
4. Reducción de contaminación	Captura de nutrientes en capas profundas del suelo	Absorción de nitratos en acuíferos contaminados	Regional
Relacionados con la atmósfera			
5. Regulación de gases	Regulación de la composición química atmosférica	Balace de CO ₂ /O ₂ Lucha contra el efecto invernadero	Global
6. Regulación del clima	Regulación de la temperatura del medio	Reducción de la incidencia de temperaturas extremas	Regional
7. Regulación del viento y de la lluvia	Reducción de la velocidad del viento y generación de humedad atmosférica	Funcionamiento de barrera cortavientos	Regional
Relacionados con la conservación del suelo			
8. Control de la erosión	Retención del suelo	Prevención de la erosión y de la colmatación de la cuenca	Local y regional
9. Mejora de estructura	Mejora de las propiedades del suelo, estructura, infiltración	Aporte de materia orgánica	Local
Relacionados con la conservación de la biodiversidad			
10. Refugio de especies	Hábitat para poblaciones residentes y migratorias	Pájaros, insectos, plantas epífitas, hongos, mamíferos...	Local y regional
11. Corredores biológicos	Relación de poblaciones naturales alejadas entre sí	Preservación de especies protegidas	Regional
12. Recursos genéticos	Almacén de recursos genéticos de plantas, animales y microorganismos	Árboles hospederos de epífitas (<i>Tillandsia spp.</i> y orquídeas).	Local y global
Relacionados con la sociedad			
13. Prevención de desastres	Aumento de la infiltración y reducción de la escorrentía	Protección frente a inundaciones y sequías	Regional
14. Recreación	Mantiene el paisaje hermoso	Turismo, actividades en la naturaleza	Local y regional

Se ha venido teniendo una visión sesgada de los servicios que prestan los bosques, que valoriza sólo cierta producción económica (madera) y contempla al bosque como un proveedor de recursos que permitan una industrialización y desarrollo. Este enfoque es bastante común en los libros de texto escolares en el país dominicano. No obstante, parece haber en algunos casos un cambio de percepción encaminada hacia una concienciación creciente sobre la importancia de los servicios ambientales que los bosques ofrecen (tabla 1), especialmente para ir concienciando respecto a reducir la deforestación. Las principales funciones de los bosques tropicales con la idea de

servicios ambientales fueron ya mencionadas hace casi cuarenta años (UNESCO-PNUMA, 1980).

Algunos de estos servicios son identificables localmente y sus beneficios, a veces, cuantificables en términos económicos. El pago de los servicios ambientales de los bosques es un tema que preocupa, porque no es fácil su valoración en todos sus aspectos, nada más que la económica (Ruiz Pérez et al., 2007). La evaluación económica de los servicios ambientales se ha centrado en cuatro bloques fundamentales: biodiversidad, fijación de carbono, ciclo hidrogeológico y educación / ocio. La conservación de la biodiversidad y la función protectora de suelos y cuencas hidrográficas son los servicios reconocidos desde hace más de 30 años, existiendo figuras específicas de protección forestal asociadas a espacios naturales protegidos para estos fines.

Asumimos que toda forma de vida tiene un valor intrínseco, una razón de ser y una dignidad, por encima del criterio de valoración humana. Así se expresaba el profesor dominicano Eleuterio Martínez hace ya unos años (Martínez, 1990). Pero también cada uno de los ecosistemas tiene valor en sí mismo, por lo que los espacios naturales pueden proporcionar riqueza económica relacionada con las actividades de educación ambiental y de ecoturismo, primando la conservación del paisaje. Sin embargo, esta actividad no ha sido explotada todavía en la zona de estudio.

A medida que los ecosistemas se deterioran y existe evidencia creciente de las consecuencias que estas externalidades implican, la cuantificación y valoración de las funciones de los ecosistemas empiezan a ser consideradas para la realización de políticas de manejo de los recursos naturales. (Barzev, 2002; Torres y Guevara, 2002). Los bienes y servicios aportados por los ecosistemas, tengan o no un valor económico en los sistemas de mercado, producen beneficios indispensables para la economía, la salud pública y el bienestar general de los seres humanos. Su explotación sostenible constituye el suministro actual y potencial de bienes y servicios indispensables para el mantenimiento del capital construido, social y humano de nuestra sociedad.

2.4. Marcos para la evaluación de la sostenibilidad

Es fácil deducir por lo anteriormente señalado que uno de los mayores retos que enfrenta la discusión sobre el desarrollo sostenible es el de diseñar marcos operativos que permitan evaluar de manera tangible la sostenibilidad de diferentes proyectos, tecnologías o agroecosistemas (Gliessman, 1997). Para evaluar la sostenibilidad de los sistemas de manejo de recursos naturales es necesario, en primera instancia, definir los atributos generales de los sistemas de manejo sostenibles. Esto permitirá, por un lado, hacer operativo el concepto y, por otro, desarrollar un marco de referencia para derivar indicadores (Piamonte, R, 1995). A los indicadores ambientales se les presta una gran atención pues aparecen como los instrumentos indispensables para ver la vía hacia un futuro duradero (Hernández, 1996). Quizá por ello la evaluación de la sostenibilidad requiere un esfuerzo verdaderamente interdisciplinario e integrador, que aborde el análisis tanto de los procesos ambientales como de los fenómenos socioeconómicos (Maser et al., 1999).

Actualmente existe un reconocimiento amplio sobre la insuficiencia de los procedimientos de evaluación convencionales, tales como los análisis costo-beneficio, para determinar la sostenibilidad del manejo de recursos naturales. Sin embargo, la mayor parte de los esfuerzos siguen concentrados en lo que podríamos llamar enfoques aditivos. Según esta perspectiva, la evaluación de sostenibilidad es en última instancia una evaluación convencional a la que simplemente se han añadido criterios de tipo

ambiental y social, mediante una lista de indicadores de sostenibilidad (Altieri et al., 1993; Masera et al., 1999; Astier, 2005).

Ahora bien, la sostenibilidad es un objetivo a alcanzar que puede medirse en grados, dado que no existe ni puede existir un concepto universal y al mismo tiempo intemporal de lo que es la sostenibilidad (González de Molina et al., 2006). Y porque además se trata de un concepto teórico que debe mutar con el tiempo; es decir, depende de la escala de tiempo y espacio que consideremos; lo que resulta sostenible a una escala puede no serlo a otra.

La mayoría de los esfuerzos para evaluar la sostenibilidad se han concentrado en tres tipos de enfoques:

(a) aquéllos que se limitan a elaborar listas de indicadores de carácter ambiental, social o económico, sin un marco claro que permita integrar los resultados del análisis (Bakkes et al., 1994; Winograd, 1995; Azar et al., 1996);

(b) los que proponen índices para calificar de manera unívoca la sostenibilidad de un sistema dado, a costa generalmente de la capacidad de entender el detalle de la complejidad de los sistemas y de identificar los aspectos de mayor importancia (Taylor et al., 1993; Harrington, 1992; Harrington et al., 1994), y

(c) aquéllos que proponen marcos metodológicos para definir los criterios o indicadores que serán utilizados en la evaluación (De Camino y Muller, 1993; FAO, 1994; IUCN e IDRC, 1995; Muller, 1995; Mitchell 1995; UICN, 1997; Masera et al., 1999).

Algunos de estos marcos se han desarrollado para sistemas específicos, como es el caso del marco generado por el CIFOR (1999) para evaluar el manejo forestal: o el desarrollado por Lewandowsky et al., (1999), o el del MESMIS para medir la sostenibilidad de los sistemas de manejo en los agroecosistemas (Masera et al., 1999), siendo quizás esta última propuesta una de las más conocidas. Y es que la ventaja de una *Evaluación MESMIS* reside en la integración de los atributos e indicadores propuestos en un todo articulado que proporciona una imagen más contundente de grado de sostenibilidad (González, de Molina et al., 2006). Su sencillez puede permitir acercarnos a una evaluación de la sostenibilidad en una gran parte del territorio latinoamericano y caribeño. Es una metodología que implica un concepto de “manejo adaptativo”, para significar la necesidad de entender el uso sostenible de los recursos en un sentido procesual; es decir, solo puede hacerse de manera iterativa con el ecosistema que se pretende manejar y deberá tener en cuenta los cambios que se puedan producir en su dinámica, tanto naturales como antropicos (Holling, 1993; Holling et al., 1998; Berkes y Folke, 1998, González, de Molina et al., 2006).

Un problema multidimensional e interdisciplinario requiere asimismo de marcos de evaluación que saquen provecho de estas características, en lugar de verlas como limitantes, (Masera et al, 1999). Así, la evaluación de la sostenibilidad de los agroecosistemas constituye para estos autores un proceso cíclico, por tanto continuo e iterativo, y tendrá realmente éxito en cuanto se convierta en un instrumento para mejorar en la práctica el perfil socioambiental de los sistemas de manejo. Pero la evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de manejo de los recursos naturales implica mucho más que construir una lista de indicadores.

Es imperativo tratar de desarrollar marcos metodológicos cualitativamente distintos en los que, ente otras cosas, la integración de las dimensiones social, económica y ambiental se dé durante el proceso mismo de evaluación y no en la simple yuxtaposición de resultados obtenidos para cada indicador o área de evaluación (Astier, 2005). La evaluación de sostenibilidad debe ser, al fin de cuentas, un instrumento de planificación y diseño de mejores sistemas de manejo, (Altieri et al., 1993; Astier, 2005; Masera et al., 1999). Su éxito radicarán en última instancia en su posibilidad de

apropiación y aplicación como parte de las actividades cotidianas de proyectos que buscan mejorar la sostenibilidad de sistemas de manejo de recursos naturales.

Un punto clave para lograr este objetivo es desarrollar marcos de evaluación que hagan explícitas las ventajas y desventajas ambientales, económicas, sociales y culturales de las diferentes alternativas de manejo de recursos naturales. Asimismo, se requiere evaluar también de forma conjunta, de qué manera las opciones propuestas mejoran no sólo la productividad o la rentabilidad, sino también la estabilidad y la resiliencia de los ecosistemas. Esta tarea reviste particular importancia en el contexto de los sistemas productivos campesinos que, si bien suelen ser altamente diversos, resilientes y basados en un uso renovable de los recursos naturales locales, han sido generalmente subevaluados con base en criterios meramente productivistas y centrados en los beneficios económicos de corto plazo (Masera et al., 1999).

Otra metodología bastante desarrollada es la *Evaluación multicriterio*. Está considerada como un conjunto de técnicas utilizadas en la decisión multidimensional y en los modelos de evaluación, dentro del campo de la toma de decisiones en lo que se refiere a propuestas para el desarrollo sostenible (Gómez-Sal, 1998; Hernández y Jiménez, 1999; Hayashi, 2000; Hokkanen et al., 2000; Gómez-Sal et al., 2003). Especialmente puede considerarse adecuada cuando los impactos que se presentan en términos de beneficios y costes ambientales, no llevan asociado un precio de mercado (Munda et al. 1994). Por otro lado, los análisis multicriterio nos ofrecen la oportunidad de obtener un análisis equilibrado de todas las facetas de los problemas de planificación, particularmente debido a que varios efectos intangibles, como son los sociales y sus repercusiones ambientales (Nijkamp y Van Delft, 1977). Para Barba-Romero (1994), la decisión multicriterio permite elegir entre escenarios en los que confluyen criterios dispares, a menudo conflictivos.

Uno de los principales métodos para la evaluación multicriterio es el que fue propuesto por Saaty en 1977 y es conocido por AHP (Analytic Hierarchy Process). Según Barba-Romero (1994) ha tenido un gran aplicación tanto a nivel teórico como aplicado, además de su adaptabilidad a cualquier tipo de entorno económico, territorial o estratégico. Del mismo modo, para analizar la conexión de las actuaciones de desarrollo con los sistemas naturales, Gómez-Sal et al., (2003) han desarrollado un modelo de valoración multicriterio que se puede aplicar a escala local o regional. Este modelo contempla en su base cinco dimensiones evaluativas independientes: ecológica, productiva, económica, social y cultural, y reconoce y asume conflictos y *trade-offs* entre las mismas. Por ello nos ha pareció adecuado el poderlo aplicar al análisis de los agroecosistemas de la cuenca del río Pedernales en la zona transfronteriza República Dominicana-Haití, (Alexis, 2003).

2.5. Educación para la sostenibilidad.

La importancia dada por los expertos en sostenibilidad al papel de la educación queda reflejada en el lanzamiento mismo de la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible o, mejor, para un futuro sostenible (2005-2015) según la resolución adoptada por la asamblea general de las Naciones Unidas en 2002. Como indica la UNESCO: “*El Decenio de las Naciones Unidas para la educación con miras al desarrollo sostenible pretende promover la educación como fundamento de una sociedad más viable para la humanidad e integrar el desarrollo sostenible en el sistema de enseñanza escolar a todos los niveles. El Decenio intensificará igualmente la cooperación internacional en favor de la elaboración y de la puesta en común de prácticas, políticas y programas innovadores de educación para el desarrollo sostenible*”. Así mismo la UNESCO lidera el movimiento mundial de educación para todos que apunte a satisfacer de aquí a

2015 las necesidades de aprendizaje de todos los niños, jóvenes y adultos. Una educación de calidad es condición previa a la educación para el desarrollo sostenible. En este epígrafe se exponer el papel de la educación en los procesos de sostenibilidad visto desde el punto de vista de la UNESCO e incitar a la reflexión y a la búsqueda de estrategias y plataformas, más comprometidos con el cambio de actitud hacia el recurso natural, social y educativo de las personas.

La educación para un futuro sostenible habría de apoyarse, cabe pensar, en lo que puede resultar razonable para la mayoría, sean sus planteamientos éticos más o menos antropocéntricos o biocéntricos. Esto es porque no conviene buscar otra línea de demarcación que la que separa a quienes tienen o no una correcta percepción de los problemas y una buena disposición para contribuir a la necesaria toma de decisiones para su solución. Ello basta para comprender que, por ejemplo, una educación para el desarrollo sostenible es incompatible con una publicidad agresiva que estimula un consumo poco inteligente; es incompatible con explicaciones simplistas de las dificultades como debidas siempre a “enemigos exteriores”; es incompatible, en particular, con el impulso de la competitividad, entendida como contienda para lograr algo contra otros que persiguen el mismo fin y cuyo futuro, en el mejor de los casos, no ha tenido en cuenta, lo cual resulta claramente contradictorio con las características de un desarrollo sostenible, que ha de ser necesariamente global y abarcar la totalidad de nuestro pequeño planeta.

Se reconoce que el primer paso hacia la sostenibilidad consiste en elevar el nivel formativo, incidiendo sobre aquellas disciplinas que ayuden a alcanzar el equilibrio entre el medio físico y el humano. El aumento de jóvenes formados tanto en niveles primarios como en los niveles del grado medio de formación profesional, permitiría disponer de una base de recursos humanos, capaz de absorber los conocimientos necesarios para desarrollar una economía local basada en la explotación responsable de los recursos naturales, (Educación/equilibrio/ recursos /población/ medio). Una idea de los contenidos que están siendo considerados en los diferentes diseños curriculares al respecto puede observarse en la tabla 2. Ellos corresponden a los temas de acción clave en la web dedicada a la Década de la Educación para la Sostenibilidad (<http://www.oei.es/decada>).

Frente a todo ello se precisa una educación que ayude a contemplar los problemas ambientales y del desarrollo en su globalidad (Tilbury, 1995; Luque, 1999), teniendo en cuenta las repercusiones a corto, medio y largo plazo, tanto para una colectividad dada, como para el conjunto de la humanidad y nuestro planeta. Hay que ayudar a comprender que no es sostenible un éxito que exija el fracaso de otros y, por tanto, a transformar la interdependencia planetaria y la mundialización en un proyecto plural, democrático y solidario (Delors, 1996).

Un proyecto de educación para la sostenibilidad debe orientar la actividad personal y colectiva en una perspectiva sostenible, que respete y potencie la riqueza que representa tanto la diversidad biológica como la cultural de un territorio y favorezca su disfrute. Merece la pena detenerse en especificar los cambios de actitudes y comportamientos que la educación debería promover. No resulta difícil deducir la conexión de todas estas ideas con la acción consecuente frente a los dilemas actuales de la Humanidad expuestos por Constanza et al. (1999) en los siguientes epígrafes:

* De límites localizados a Límites Globales

- La primera evidencia de límites: la apropiación humana de la biomasa
- Segunda evidencia de los límites: el cambio climático
- Tercera evidencia de límites: la ruptura de la capa de ozono

- Cuarta evidencia de límites: la degradación de la Tierra
- La quinta evidencia de los límites. La pérdida de a biodiversidad
- * La Población y la Pobreza
- * Más allá de Brundtland
- * Hacia la sostenibilidad
- * La fragmentación de las Economías y de las Ciencias Naturales

Tabla 2. Temas-clave incorporados para la Década de la Educación para la Sostenibilidad con un n° correspondiente al orden en que se han ido incorporando en la web creada por la UNESCO

1. SOSTENIBILIDAD	12. DIVERSIDAD CULTURAL
2. EDUCACIÓN PARA LA SOSTENIBILIDAD	13. CAMBIO CLIMÁTICO
3. CRECIMIENTO ECONÓMICO - SOSTENIBILIDAD	14. BIODIVERSIDAD
4. CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO	15. URBANIZACIÓN Y SOSTENIBILIDAD
5. TECNOLOGÍAS PARA LA SOSTENIBILIDAD	16. NUEVA CULTURA DEL AGUA
6. REDUCCÓN DE LA POBREZA	17. AGOTAMIENTO DE RECURSOS
7. IGUALDAD DE SEXOS	18. GOBERNANZA UNIVERSAL
8. CONTAMINACIÓN SIN FRONTERAS	19. DESERTIZACIÓN
9. CONSUMO RESPONSABLE	20. REDUCCIÓN DE DESASTRES
10. TURISMO SOSTENIBLE	21. CONFLICTOS Y VIOLENCIAS
11. DERECHOS HUMANOS	

Por todo lo dicho, conviene que se incluya en los contenidos escolares el hecho de que la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas del Planeta han cambiado en la segunda mitad del siglo XX más rápida y extensamente que en ningún otro período de tiempo comparable de la historia humana, en gran parte para resolver rápidamente las demandas crecientes de alimento, agua dulce, madera, fibra y combustible. Esto ha generado una pérdida considerable y en gran medida irreversible de la diversidad de la vida sobre la Tierra. Los cambios realizados en los ecosistemas han contribuido a obtener considerables beneficios para el bienestar humano, pero estos beneficios se han obtenido con crecientes costos consistentes en la degradación de muchos servicios de los ecosistemas, un mayor riesgo de cambios no lineales, y la acentuación de la pobreza en muchos lugares del mundo (ONU, 2005). Algunas cifras resultan deplorables al respecto según este organismo: aproximadamente el 60% de los servicios de los ecosistemas están siendo degradados o se están usando de manera insostenible.

Se precisa pues un esfuerzo sistemático por incorporar la educación para la sostenibilidad, como un objetivo clave en la formación de los futuros ciudadanos y ciudadanas. Un esfuerzo de actuación que debe tener en cuenta que cualquier intento de hacer frente a los problemas de nuestra supervivencia como especie ha de contemplar el conjunto de problemas y desafíos que conforman la situación de emergencia planetaria. Ése es precisamente uno de los retos fundamentales que se nos presentan, el carácter sistémico de problemas y soluciones: la estrecha vinculación de los problemas, que se refuerzan mutuamente y han adquirido un carácter global, exige un tratamiento igualmente global de las soluciones, entendiéndose que ninguna acción aislada puede ser efectiva. En definitiva, se debe proporcionar una percepción correcta de los problemas y fomentar actitudes y comportamientos favorables para el logro de un desarrollo sostenible.

Pero desarrollar capacidades individuales y sociales para trabajar por un futuro sostenible es, esencialmente una empresa educativa sustentada en los cuatro principios para alcanzar el desarrollo humano formulado en la Cumbre sobre Desarrollo Sostenible en 2002 y requiere según (Delors, 1996): a) *reconocimiento del cambio*, b)

responsabilidad colectiva y asociación constructiva, c) actuar con determinación, d) entereza de la dignidad humana. En esencia pues, la UNESCO propone impulsar una *educación solidaria*, superadora de la tendencia a orientar el comportamiento en función de intereses a corto plazo, o de la simple costumbre- que contribuya a una correcta percepción del estado del mundo, genere actitudes y comportamientos responsables y prepare para la toma de decisiones fundamentadas (Aikenhead, 1985), dirigidas al logro de un desarrollo culturalmente plural y físicamente sostenible (Delors, 1996; Cortina et al., 1998). Para determinados autores, estos comportamientos responsables exigen superar un “posicionamiento claramente antropocéntrico que prima lo humano respecto a lo natural” en aras de un biocentrismo que “integra a lo humano, como una especie más, en el ecosistema” (García, 1999).

La última cuestión referida es fundamental para una contextualización de este tema en los entornos rurales de Latinoamérica y el Caribe, ya que las barreras para el desarrollo sostenible en toda esta región están en la pobreza, el manejo insostenible de los recursos naturales, entornos institucionales (y educativos) negativos, el alto crecimiento de la población (con escuelas y maestra/os insuficientes), y ausencia de consenso social sobre el significado de crecimiento sostenible. Este pentágono de insostenibilidad (Gaboldon, 2000), debe ser reconocido ante una propuesta educativa adecuada, cosa que no ha alumbrado prácticamente en los boletines *on line* en lo que va de la década declarada por la UNESCO para la educación para la sostenibilidad.

3. Conclusiones

En la actualidad se admite la polisemia con relación al concepto de sostenibilidad, así como su enriquecimiento conceptual debido al aporte de nuevas miradas, distintas de quienes acuñaron el concepto. Ello puede traducirse en el impacto que dicho concepto ha tenido en los diferentes ámbitos del saber, como para poder hablar de un nuevo paradigma o de una revolución cultural. Sin duda, la mayor repercusión estriba en todo lo concerniente al desarrollo sostenible. En este trabajo se muestran los marcos operativos que a través del estudio bibliográfico efectuado, nos permite poder encuadrar las interrelaciones que se dan entre desarrollo rural, desarrollo local y agricultura sostenible. Esta cuestión es básica para todo tipo de estudio que se implique en cualquier territorio de la región Latinoamericana y del Caribe, rica en servicios ambientales, pero afectada por el denominado “pentágono de insostenibilidad”.

Toda la temática expuesta debería ser objeto tanto de la educación formal, especialmente con escolares, como de la educación no-formal, especialmente dirigida a agricultores y campesinos, dado que estos dos colectivos humanos son los principales protagonistas del medio rural. Aunque estamos de acuerdo con los temas de acción clave suscitados en el marco de la Década por una educación para la Sostenibilidad (2005-2015) auspiciada por la UNESCO, habrá que contextualizarlos bastante en los diseños curriculares para caso concreto.

Agradecimientos: Muchos de los recursos bibliográficos utilizados han sido adquiridos mediante la aportación económica de los proyectos de investigación CTM2005-02165/TECNO del M^o de Educación y Ciencia de España y al EM2005-001 financiado por la Comunidad de Castilla La Mancha. Así mismo, debemos al fondo bibliográfico del Centro Cultural Poveda en Santo Domingo un importante apoyo especialmente el relacionado con la documentación latinoamericana.

4. Referencias bibliográficas

- Aikenhead, G., 1985. Collective decision making in the social context of science. *Science education*, 69(4): 453-475.
- Alburquerque, F., 1999. Cambio estructural, desarrollo económico local y reforma de la gestión pública. *En Desarrollo local en la globalización*. J. Marsiglia, (comp.). Ed. CLAEH. Uruguay.
- Alburquerque, F., 2001. *La importancia del enfoque del desarrollo económico local*. *En Transformaciones globales, instituciones y políticas de desarrollo local*. Vázquez Barquero y Madoery (comp). Ed. HomoSapiens. Rosario. Argentina.
- Alexis, S. 2003. *Análisis de la degradación ambiental de la cuenca de Pedernales. Valoración de los agroecosistemas mediante la aplicación de un modelo Multicriterio*. Memoria para la obtención del Diploma de Estudio Avanzado (DEA) en la Universidad de Alcalá
- Altieri, M., 1994. Bases agroecológicas para una producción agrícola sustentable. *Agricultura Técnica (Chile)* 54, 4: 371-86.
- Altieri, M y Maserà, O., 1993. Sustainable Rural Development in Latin America: building from the bottom-up. *Ecological Economics*. 7: 93-121.
- Arocena, J., 1998. *Propuestas metodológica para el estudio de procesos de desarrollo local*. Ed. CLAEH. Uruguay.
- Arocena, J., 1999. Por una lectura compleja del actor local en los procesos de globalización. *En Desarrollo local en la globalización*. J. Marsiglia (comp.). Ed. CLAEH. Uruguay.
- Astier, M. y Hollands, J., 2005. *Sostenibilidad y campesinado. Seis experiencias agroecológicas en Latinoamérica*. Ed: Mundi-Prensa, ILEIA, ICCO y GIRA.
- Azar, C.; John, H. y Kristian, L., 1996. Socio-ecological indicators for sustainability. *Ecological Economics* 18: 89-112.
- Bakkes, J; Van Den Born, G; Helder, J, Stewart, R; Hope, C; y Parker, J., 1994. *An overview of environmental indicators: state of the art and perspectives. nairobi: PNUMA/RIVM*.
- Barba-Romero, S., Pérez Navarro, J., 1994. La decisión multicriterio en el análisis y la gestión de los recursos naturales. In: Azqueta, D., Ferreira, A. (Eds.) *Análisis económico y gestión de recursos naturales*. Madrid, Alianza Editorial, pp. 137-162.
- Barbier, B.; Bergeron, G., 1999. Impact of policy interventions on land management in Honduras: results of a bioeconomic model. *Agricultural Systems*, 60: 1-16.
- Barreiro, C. F., 2000. Desarrollo desde el territorio. A propósito del Desarrollo Local. En: <http://www.redel.cl/documentos/barreiro5.html>. ...
- Barzev, R., 2002. Valoración económica integral de los bienes y servicios ambientales de la reserva del hombre y la biosfera de Río Plátano, Tegucigalpa.
- Berkes, F., and Folke, C. 1998. *linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*. Ed. Cambridge University Press, New York.
- Bifani, P., 1999. *Medioambiente y Desarrollo Sostenible, 4ª Ed, rev.- Madrid: Instituto de Estudios Politicas para America Latina y Africa (IEPALA)*, 1999.
- Boisier, S., 1997. "El vuelo de una cometa. Una metáfora para una teoría del desarrollo territorial". *Revista Eure*, 69, P.U.C/I.E.U, Santiago de Chile, 1997.
- Boisier, S., 1999. *Desarrollo Local: ¿de qué estamos hablando?* Documento comisionado por la Cámara de Comercio de Manizales, Colombia. Santiago de Chile.
- Bojo, J., and Cas Sells. D., 1995. Land degradation and rehabilitation in Ethiopia: A re assessment. *AF TES Working Paper N°. 17*. Washington, D.C.: The World Bank, May.

- Brown, L. R., 2000. *La situación del mundo. Informe 1999*. Informe de Worldwatch Institute. Publicado en España por Icaria Editorial. Barcelona.
- Buarque, S., 1994. *Desenvolvimento sustentável da Zona da Mata de Pernambuco* (MIMEO). Recife. IICA/SEPLAN.
- Buarque S., 1999. *Metodología de Planejamento do Desenvolvimento Local e Municipal Sustentável*, IICA, Recife, Brasil.
- Bybee, R. W. 1991. Planet Earth in crisis: how science educators respond? *The American Biology Teacher*, 53 (3): 146-153
- Cairns, J, JR., 1996. Determining the Balance Between Technological and Ecosystem Services. In: P.C. Schulze (ed.). *Engineering within Ecological Constraints*. National Academy Press. 13-30.
- Cardoso, F.H., Faletto, E., 1975. *Dependência e desenvolvimento na América Latina*. Rio de Janeiro. Zahar Editores.
- Carpenter, S.R., 2003. Regime Shifts in Lake Ecosystems: *Pattern and Variation*. Vol. 15 in the *Excellence in Ecology Series*, Ecology Institute, Oldendorf/Luhe, Germany.
- Chorlavi., 2004. Sistematización de experiencias de desarrollo territorial rural. www.fondominkachorlavi.org/dtz
- CIFOR (Center For International Forestry Research), 1999. *The criteria & indicators toolbox series*. JAKARTA, CIFOR.
- Constanza, R.; Cumberland, J.; Daly, H.; Goodland, R. y Norgaard, R. 1999. *Introducción a la Economía Ecológica*. Ed. AENOR, Barcelona
- Cortina, A. et al., 1998. *Educación en la justicia*. Ed. Generalitat Valenciana.
- Daily, G., 1997. What are ecosystem services?. Nature's services. Societal dependence on Natural Ecosystems (ed.). *Island Press*:3-10.
- De Camino, V y Muller, S., 1993. Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales. bases para establecer indicadores. *Serie de Documentos de Programas*, 38. San José, Costa Rica: (IICA), GTZ.
- Delgado, M. Del Mar., 2001. *Análisis de los efectos de la nueva política rural europea: una aplicación al caso andaluz*. Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba.
- Delors, J. 1996. *La educación encierra un tesoro. Informe a la UNESCO de la comisión internacional sobre la educación para el siglo XXI*. Madrid: Santillana. Ed. UNESCO.
- Di Pietro, L., 1999. *El desarrollo local. Estado de la cuestión*, FLACSO, Buenos Aires.
- Echevarría C. L.; Huanta.W.; Delgado.A.L. 2000. Identificación de las limitantes del comportamiento reproductivo y la eficiencia de la inseminación artificial en ganado lechera de la zona de Lima. *Rev. Inv. Vet. Peru.*, 13(2): 18-27.
- Echeverri, R., Ribero, M., 2002. *Nueva ruralidad: visión del territorio en América Latina y el Caribe*. Ciudad del Saber, Panamá: CIDER/IICA.
- Elizalde, A. 2005. *Desarrollo Humano y Ética de la Sostenibilidad*. Ed. PPC, Madrid
- Ellis, F., Biggs, S., 2001. Evolving Themes in Rural Development 1950- 200s. *Development Policy Review*, 19 (4): 437-448.
- Enrique, A., 1996 "El Desarrollo Regional/Local", en *Hacia una delimitación conceptual del desarrollo regional/ local*, FUNDE, El Salvador.
- FAO, 1991. *Sustainable Development and Management of Land and Water Resources*. Background Document N°1. In FAO/Netherlands Conference on Agriculture and the Environment. S-Hertogenbosch, The Netherlands, 15-19 April 1991. FAO/Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries of The Netherlands, Rome.
- FAO. 1994: *An international framework for evaluating sustainable land management*. Roma: world soil resources report.

- FAO. 2006. *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2005. Hacia la ordenación forestal sostenible*. FAO. Roma.
- Fernández, A., Gaveglione, S., (Comp.) 2000. *Globalización, integración, MERCOSUR y desarrollo local*. Ed. HomoSapiens. Argentina.
- Gaboldon, A. J. 2000. Sustainable Development in Latin America and the Caribbean: Perspectives and Future. *Ecology and Environment*. Ed. Inc., Caracas, Venezuela.
- García, J. E., 1999. Una hipótesis de progresión sobre los modelos de desarrollo en educación ambiental. *Investigación en la escuela*, 37, 15-32.
- Gliessman, S., 1997. *Agroecology. ecological processes in sustainable agriculture*. Ed. Ann arbor Press. Chelsea.
- Gómez, S., 2002. *La "nueva ruralidad": ¿Qué tan nueva?*. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile.
- Gómez Sal, A., 1993.- Ecología de los sistemas agrarios. *Ecosistemas*, 7: 10-15.
- Gómez Sal, A., 1995. El paisaje agrario desde la perspectiva de la Ecología. En: *Ciclo de Agricultura y Ecología*. Fundación Bancaixa. Valencia: 145-182.
- Gómez Sal, A., 1998. Valoración multicriterio del desarrollo a escala local. *Ecosistemas*, 24/25:40-48.
- Gómez-Sal, A.; Belmontes, J.A. y Nicolau, J.M. 2003. Assessing landscape values : a proposal for a multidimensional conceptual model. *Ecological Modeling*, 168 : 319-341
- González de Molina, M, 2006. *Tras los pasos de la insustentabilidad: agricultura y medio ambiente en perspectiva histórica*: S. XVIII-XX; Casado, Barcelona: ICARIA.
- Guimaraes, J.P. de C., 1997. *Local Economic Development: The Limitation of Theory*, en B. Helmsing, J. Guimaraes (eds.) *Locality, State and Development. Essays in honour of Jos G.M. Hilhorst*, ISS. The Hague, Netherlands.
- Guzmán, C.; Gonzalez De Molina, M.; Sevilla, E., 2000. *Introducción a la Agroecología como desarrollo rural sostenible*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- Harrington, L. 1992. Measuring sustainability: Issues and alternatives. *Journal for farming Systems Research-Extension* 3. 1:1-19.
- Harrington, L; Jones, P y Winograd, M. 1994. Operationalizing sustainability: a total productivity approach. *Land Quality Indicators Conference CIAT*, 1-34. Cali, Colombia.
- Harwood R., 1990.- A History of Sustainable Agriculture. In C.A. Edwards & al. (ed.) *Sustainable Agriculture Systems*. S. W. C. S. Ankeny, Iowa: 3-19.
- Hayashi, K. 2000. Evaluation of Alternative Farming Systems by Multicriteria Analysis. *JARQ*, 34 (3): 209-213. <http://ss.jircas.affre.go.jp>.
- Hernández, A J. 1996. *Medioambiente y Desarrollo*. Ed Centro Cultural Poveda, Santo Domingo.
- Hernández, A. J. 1997. Análisis de las relaciones humanidad-biosfera: aportaciones desde la ecología para una nueva ética. *Desafíos a la Ética, Ciencia, Tecnología, Sociedad*. E. López Franco y Padín (Eds): 133-155. Ed. Narcea, Madrid.
- Hernández, A. J., Jiménez, C., Pastor, J., 1993. Systems Science and the alternative to the chances of soil in areas of traditional agriculture. *Systems Science* (F.A. Stowell et al. Eds), Plenum Press, New York: 277-281.
- Hernández, A. J. and Jiménez Mejía, C. 1999. The Sustainability of a Rural System Through the Integration of Ecological, Economical and Social Indicators. *4th Systems Science European Congress*. L. Ferrer et al. (eds.) Ed. SESG, Valencia, España: 1061-1068.
- Hokkanen, J.; Lahdelma, R. and Salminen, P. 2000. Multicriteria decision support in a technology competition for cleaning polluted soil in Helsinki. *Journal of Environmental Management*, 60: 339-348

- Holling, C. 1993. New science and new investments for a sustainable biosphere. in: Constanza, R; Folke, C; Hammer, M y Jansson, A. (eds.) *Investing in Natural Capital: why, what and how?* (ed.) Solomons Press.
- Holling, C.; Berkes, F.; Folke, C. 1998. Science, Sustainability and Resource Management. en Berkes, F.; Folke, C., (ed.). *Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido: 342–362.
- Hueting, R., Lucas, B; Huib, J., 1998: The Concept of Environmental Function and its Valuation. *Ecological Economics* 25 (1): 31-35.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura), 1999. *El Desarrollo Rural Sostenible en el Marco de una Nueva Lectura de la Ruralidad: nueva ruralidad*. Ed IICA. San José - Costa Rica.
- IICA, 2000. Jóvenes y nueva ruralidad. *Serie de Documentos Conceptuales*. Ciudad de Panamá.
- .- IICA, 2003. *El enfoque territorial de desarrollo rural / Sergio Sepúlveda, Adrián Rodríguez, Rafael Echeverri, Melania Portilla*. Ed IICA- San José, Costa Rica.
- Inchaustegui, S, 1997. La seguridad alimentaria y el desarrollo humano sostenible. *En La Agropecuaria Dominicana de cara al siglo XXI, Fundación Ciencia y Arte*.
- IUCN-IDRC (International Union For The Conservation Of Nature And Natural Resources - International Development Research Centre), 1995. Assesing progress towards sustainability: a new approach. en: *A sustainable world: defining and measuring sustainable development*. T.C. Trzyna (ed.): 152-72. IUCN/ICEP, California.
- IUCN. 1997. Un enfoque para la evaluación del progreso hacia la sustentabilidad. Serie: *Herramientas y Capacitación*. Cambridge, Reino Unido: UICN/IDRC.
- Jiménez Herrero, L.M., 2000. *Desarrollo Sostenible: transición hacia la coevolucion global*, Eds Pirámide (Grupo Anaya, S. A), Madrid.
- Jiménez Mejía, C., 1998, *Análisis de la intervención humana en el territorio de la alcarria conquense y pautas para su desarrollo sostenible*. Tesis doctoral, Universidad Alcalá, Madrid.
- Labrador, T, y Altieri, M., 1995.- Manejo y diseño de sistema agrícolas sustentables. *Hojas divulgadoras del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. 6-7/ 94 HD.
- Levins, R. and Vandermeer, J., 1990. The Agroecosystem Embedded in a Complex Ecological Community. En: *Agroecology*. Carroll, C.R., J.H. Vandermeer y P.M. Rosset (eds.): 341-62. EUA: Mc. Graw Hill.
- Lewandowski, I y Kaltschmitt, M., 1999. Sustainable crop production: definition and methodological approach for assessing and implementing sustainability: *Crop Science* 39: 184-193.
- Luque, A., 1999. Educar globalmente para cambiar el futuro. Algunas propuestas para el centro y el aula. *Investigación en la Escuela*, 37: 33-45
- Madoery, O., 2000. El proyecto local como alternativa de desarrollo. En *Globalización, integración, MERCOSUR y Desarrollo Local*. Fernández y Gaveglio (comp.). Ed. HomoSapiens. Argentina.
- Martínez, E. 1990.
- Martínez, A., 2002, Indicadores de sostenibilidad ambiental de la economía mexicana, *Comercio Exterior*, 52, (3); 246-253.
- Martínez, E. 1990. *Los bosques dominicanos*. Ed. Horizontes de América
- Maser, O., Astier, M y Lopez-Ridaura, S., 1999. *Sostenibilidad y manejo de recursos naturales: El marco de evaluación MESMIS*. México: Mundi-Prensa.
- Miranda, C y Matos, A. 2002. Desarrollo rural sostenible. Enfoque territorial: la experiencia del IICA en Brasil / Carlos Miranda y Aureliano Matos. – Brasilia, Brasil

- Mitchell, G; May, A y McDonald, A. 1995. Picabue: a methodological framework for the development of indicators of sustainable development. en: *Internacional, J. Sustain. dev. world. Ecolo.* 2: 104-132.
- Montes. C. y Sala, O. 2007. Del desarrollo sostenible a los servicios de los ecosistemas. *Ecosistemas, año XVI* (3) /sep-dic
- Montserrat, P. 1997: Base ecológica de las culturas rurales. Ensayo sobre ecología del hombre integrado en su ambiente. *Actas I Congreso Español de Antropología*, Barcelona, 28 marzo-2 Abril: 217-230.
- Muller, S. 1995. Evaluating the sustainability of agriculture at different hierarchical levels: a framework for the definition of indicators. Ponencia presentada en: *Scientific Workshop on Indicators of Sustainable Development*, Wuppertal, Alemania.
- Nichols, C. 2006. Bases agroecológicas para diseñar e implementar una estrategia de manejo de hábitat para control biológico de plagas. *Agroecología I*: 35-46.
- Nijkamp, P. y Van Delft, A. 1977. Multi-criteria Analysis and Regional Decision-making. *Martinus Nijhoff Social Sciences Division*. Leiden, Holanda.
- Novo, M^a. 2006. *El desarrollo sostenible. Su dimensión ambiental y educativa*. Ed. UNESCO-Prearson, cap 3, Madrid
- Olman, S. et al, 1992. *Desarrollo Sostenible y Políticas Económicas en América Latina. Producir redistribuciones de la riqueza en post de una mayor equidad social y de la justicia social*. Ed.UNA-DEI. San José, Costa Rica.
- ONU, 2005, *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio*.
- Pérez, E., 2001. *Hacia una nueva visión de lo rural*. En N. Giarracca (Comp.). *¿Una nueva ruralidad en América Latina?* Buenos Aires, Argentina: CLACSO.
- Pérez, Y, M., Jiménez, G, M., 1994. Desarrollo local y desarrollo rural: el contexto del programa LEADER. *Papeles de Economía Española*; 60/61: 219-233.
- Piamonte, R., 1995. Indicadores de Sustentabilidad en Agroecosistemas. En: *Hoja a Hoja del Maella*, diciembre: 8-11, Maella, Asunción Paraguay.
- Rubio, J.; García, N.; Baldasano, J.; Martín, M., 2006. *Estrategia Mediterránea de Desarrollo Sostenible*. Ed. Generalitat Valenciana-Consellería de Territorio y Vivienda.
- Ruiz Pérez, M.; García Fernández, C. y Sayer, J. A.. 2007. Los servicios ambientales de los bosques. *Ecosistemas, año XVI* (3) /sep-dic.
- Saaty, T.L., 1977. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *J. Math. Psychology*, 15: 234-281
- Sachs, J., 2005. El fin de la Pobreza, como conseguirlo en nuestro tiempo. Eds Random House Mondadori, S.A, Barcelona.
- Sancho Comins, J., 2001.- *El desarrollo Rural*, (Ed) Thomson Paraninfo, S.A.
- Saracero, E. 2002. Rural Development Policies and the Second Pillar of the Common Agricultural Policy (version 16.08.02). Documento presentado en el taller “*Desirable Evolution of the CAP: A Contribution*”, organizado por ARL y DATAR, Bruselas, Bélgica.
- Sepúlveda, S., Echeverri, R., Rodríguez, A. 2003. *Desarrollo Rural Proyecto País: políticas públicas, institucionalidad e inversiones*. Ponencia presentada en el I Foro Nacional Políticas de Estado para el Desarrollo Rural. Latacunga, Ecuador.
- Schejtman, A., Berdegue, J., 2003. *Desarrollo Territorial Rural. Documento elaborado para la División América Latina y el Caribe del Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola y el Departamento de Desarrollo Sustentable del Banco Interamericano de Desarrollo*.
- Shiva, V., 1989, *Staying Alive. Women, Ecology and the Development*, Londres, Zed Books.

- Silver, D. y Vallely, B., 1998. *Lo que tú puedes hacer para salvar la tierra*. ed. Lóguez, Salamanca.
- Taylor, D.; Abidin, M.; Nasir, S.; Ghazali, M.; y Chiew, E., 1993. Creating a Farmer Sustainability Index: a Malaysian Case Study. *American Journal of Alternative Agriculture* 8, (4): 175-84.
- Tilbury, D., 1995. Environmental education for sustainability: defining de new focus of environmental education in the 1990s. *Environmental Education Research*, 1(2), 195-212.
- Trigo, E., 1991. *Bases para una agenda de trabajo para el desarrollo agropecuaria sostenible*. IICA, San José, Costa. Rica.
- Torres, P. y Cruz. J., 1999. Indicadores del desarrollo sustentable: construcción y usos. *Argumentos*, (34): 5-30.
- Torres, P.; Rodríguez, L.; Sánchez, O., 2004. *Evaluación de la sostenibilidad del desarrollo regional. El marco de la agricultura*. Ed. Región y Sociedad/ XVI/ 29.
- Torres. R. M. J.; Guevara. S. A. 2002. El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. *Gaceta Ecológica, Instituto Nacional de ecología*. <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/539/53906303.pdf>.
- UNEP (United Nations Environmental Programme), 1999. *Global Environment Outlook*. Earthscan Publications Ltd.
- UNESCO-PNUMA, 1980. *Ecosistemas de los bosques tropicales*. Ed. CIFCA, Madrid.
- Vázquez-Barquero, A., 1988. *Desarrollo local. Una estrategia de creación de empleo*, Editorial Pirámide, Madrid, España.
- Vázquez-Barquero, A.; Madoery, O., 2001. *Transformaciones globales, instituciones y políticas de desarrollo local*. Ed. Homo Sapiens, Rosario, Argentina.
- Victory, C., 1997. *Planificación estratégica municipal y desarrollo local*. Ed. CEPALILPES. Chile.
- Vidal Beneyto, J 2003. *Hacia una sociedad civil global*. Ed Taurus.
- Villar, A, 2002, *La dimensión política de desarrollo local. Reflexiones a partir de la experiencia argentina*. Investigador de la Universidad Nacional de Quilmes, Argentina.
- Vilches, A.; Gil Pérez, D.; Toscano, J. C. y Macáis, O. 2007. *La sostenibilidad como revolución cultural*. En página web Unesco-Década Educación para la Sostenibilidad
- Winograd, M. 1995. *Indicadores ambientales para Latinoamérica y el Caribe: Hacia la sustentabilidad en el uso de tierras*. Buenos Aires: grupo de análisis de sistemas ecológicos.

CAPÍTULO III

ESTUDIOS DE DIAGNÓSTICO



1. PRESENTACIÓN DEL CAPÍTULO

La temática correspondiente a la evolución histórica de la degradación ambiental en la isla “La Española” formó parte de nuestro trabajo presentado para el DEA (Diploma de Estudios Avanzados) en el Programa de Doctorado “Cambio Global y Desarrollo Sostenible”. Los contenidos correspondientes a la República de Haití, fueron presentados en *Human Impact on Land Degradation. Proc. Fourth International Conference on Land Degradation (ICLD4)*, A. Faz, R. Ortiz and G. García (eds.): 317-318. Ed. *Quaderna Editorial*, Alicante. ISBN: 84-95781-42-5), 2004, con el título “Soil Degradation in Haiti: Causative Factors and Consequences”. El título que enmarca el primer epígrafe de este capítulo corresponde íntegramente al artículo publicado en *Anuario Pedagógico*, 10: 113-126. Ed. Centro Cultural Poveda, Santo Domingo, 2007. Los contenidos englobados en el tercer epígrafe han constituido el capítulo titulado *Componentes del paisaje en la reserva de la biosfera Jaragua-Bahoruco-Enriquillo* del libro titulado “Reserva de la Biosfera *Jaragua-Bahoruco-Enriquillo*. Itinerarios Ecológicos”. Ed. Centro Cultural Poveda, Santo Domingo (en prensa). Por último, la casi totalidad del contenido del epígrafe 4 del capítulo fue expuesta en el I *Congreso Iberoamericano de Ecología y Sostenibilidad Urbana*, Cáceres (España) 24-27 octubre de 2005, con el título “Ecología y desarrollo local en la provincia de Pedernales (República Dominicana): protocolo seguido para su sostenibilidad (Documento pdf, Ed. Fundación Fundicotex., Cáceres, España: 1-16 pag.). Debemos considerar que en el capítulo I de esta memoria, se ha hecho referencia a otro de los aspectos que podría haber sido abordado ahora en dicho epígrafe, en lo referente a la pobreza del área transfronteriza y las migraciones. Debido a la organización de la tesis, hemos decidido presentar el estudio de la forma en que aquí se constata.



2. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA DEGRADACIÓN AMBIENTAL EN LA ISLA “LA ESPAÑOLA”

Resumen

Este trabajo ofrece una breve evolución histórica de la degradación ambiental de la isla La Española, a partir de una revisión bibliográfica sobre el tema y nuestra propia percepción ecológica de los principales hechos que han tenido lugar en la misma, tanto en los períodos pre-colombino, como en el colonial y en la actualidad. Aunque se muestran algunas diferencias respecto a la evolución histórica de la degradación a nivel de los dos países, se pueden deducir muchos factores comunes, debidos siempre a tres grandes ejes que actúan a la vez: el eje político, el eje socio-económico y el eje físico-natural. Evidencias de un análogo proceso de transformación de los ecosistemas naturales en esta isla caribeña han sido entre otros, el carboneo clandestino, la alteración de los patrones espaciales de vegetación en el territorio, expresada en la reducción y fragmentación de los ecosistemas naturales originales (especialmente los bosques), la alteración de los ciclos hidrológicos y los procesos asociados a los mismos (como la colmatación de sedimentos en los ríos). No obstante, si las problemáticas sociales han dividido muchas veces a los dos países que forman la isla, sin duda la problemática ambiental podría ser una cuestión para la unidad. Sobre todo, cuando se trata de un mismo territorio, con las mismas características naturales, como es el caso.

Résumé

Ce travail propose un succinct survol historique de la déchéance de l'environnement sur l'île d'Hispaniola. Pour traiter le sujet qui nous préoccupe, nous nous sommes basés sur une révision bibliographique et sur notre propre perception écologique des faits principaux ayant marqué ce territoire. Nos recherches datent des périodes précolombienne, coloniale et actuelle. Bien qu'il ait eu quelques différences au niveau des deux pays, néanmoins, en ce qui concerne le processus historique de la dégradation ; beaucoup de facteurs communs peuvent être retenus. Ces derniers sont dus inmanquablement à trois grands axes agissant à la fois: l'axe politique, l'axe socio-économique et l'axe physico naturel. Les preuves d'un déroulement analogue de transformation des écosystèmes naturels dans cette île caribéenne ont été démontrées. La production intensive du charbon de bois clandestin, l'altération des patrons spatiaux de végétation dans ce territoire, est exprimée par la réduction et la fragmentation des écosystèmes naturels originaux (spécialement les forêts). La détérioration des cycles hydrologiques et les métamorphoses leur sont associées (comme la colmatation de sédiments dans les rivières). Toutefois, si des problèmes d'ordre sociaux ont souvent divisé les deux nations qui partagent l'île, il ne fait aucun doute que les difficultés liées à l'environnement continueront d'être au cœur de la question unitaire, considérant qu'il s'agit de la même région possédant de semblables caractéristiques naturelles.

Introducción

A lo largo de estos años el Centro Cultural Poveda ha venido ofreciendo distintos eventos con motivo del Día Mundial del Medio Ambiente que cada año se celebra el 5 de junio. Siempre esta ocasión nos ha ofrecido una plataforma para compartir, especialmente con las maestras y maestros dominicanos, visiones actualizadas en relación a ir tomando cada vez mayor conciencia de los problemas ambientales. En la Biblioteca del Centro pueden consultarse algunas publicaciones al respecto, como señalamos al final de este documento. En este año deseamos ofrecer una visión

sistematizada de la degradación de la Isla La Española, analizada a partir de una revisión bibliográfica sobre el tema, así como de nuestra propia percepción del estado actual de la misma. Contemplaremos algunos factores como la evolución y causas de esta degradación ambiental. Se trata de un proceso viene siendo objeto de atención por parte de diversos sectores de las dos partes de la isla desde hace muchos años. Los problemas ambientales de la República Dominicana y los de Haití, pueden resumirse en que ambos países están incrementando una severa degradación de sus territorios en los últimos años. La gran diferencia entre estas dos naciones reside en que Haití llegó a esta crítica situación a lo largo de más de tres siglos, mientras que la República Dominicana entró en un proceso creciente y acelerado de degradación ambiental en pleno siglo XX, como publicaba recientemente el profesor dominicano Yunén (1998).

Conscientes del conjunto de problemas ambientales que afectan directamente a la subsistencia de los habitantes de la isla, las dos Repúblicas de La Española se están implicando tanto en la búsqueda de modelos institucionales de cooperación, (por ejemplo, la *Comisión Mixta de Cooperación*), como en la puesta en marcha de programas de colaboración orientados hacia un desarrollo sostenible en la isla. En la actualidad, varias iniciativas, tanto institucionales internacionales, como de los Gobiernos de los dos Estados, se han convertido en el eje de acciones orientadas hacia la recuperación ambiental, basadas en la integración de estrategias de conservación en los procesos productivos / extractivos. Sabemos que los principales problemas para un desarrollo humano sostenible están relacionados con la degradación de la tierra y la reducción de la productividad de los suelos. El reciente esquema expuesto en obra Stocking & Murnaghan, (2003), se nos muestra todo un elenco de los problemas que actualmente conlleva la degradación de la tierra

Si las problemáticas sociales han dividido muchas veces a los países, sin duda la problemática ambiental podría ser una cuestión para la unidad. Sobre todo, cuando un mismo territorio, con las mismas características naturales, como es el caso de la isla La Española, está “rogando” que sus gestores tengan unas políticas ambientales comunes, porque lo que se hace en un lado repercute en el otro. Valga esta “lectura medioambiental” para tomar una vez más conciencia de los problemas que afectan a la isla, con el fin de que podamos seguir no sólo sensibilizando a nuestros estudiantes acerca de los mismos, sino también como un gesto para la unidad entre los dos países de esta isla caribeña.

Periodo pre-colombino: revelación de los restos arqueológicos

Las civilizaciones pre-colombinas han sido relegadas muchas veces a los limbos de la pre-historia. De hecho, algunos autores llaman a los primeros grupos primitivos “paleoindios”, en reconocimiento de la existencia de antiguos complejos culturales sudamericanos caracterizados por la recogida de alimentos vegetales y animales, la caza de grandes animales terrestres, la ausencia de la agricultura y el empleo de herramientas de piedra, (Rouse y Cruxent, 1963, Rodríguez Armando, 1976). Sin embargo, esos complejos amerindios estaban más bien vinculados a la recolección y el cultivo de alimentos como medio de subsistencia.

Recordemos que el complejo paleoindio de La Española estaba situado al oeste de Santo Domingo, junto a la costa de la isla, y contenía dos emplazamientos predominantes: Morgan y Casimira (Rouse, 1960). El carbón vegetal obtenido en Morgan ha revelado algunas huellas que permiten datar que en esta época de la historia de la isla, (alrededor de 5.000 años a. C), el nivel del mar estaba entre 2,5 y 5 metros más alto que en la actualidad, lo que significa que los hábitats donde los manglares y su correspondiente fauna (camarones, por ejemplo) facilitaron un asentamiento humano, (Rouse, 1960;

Rodríguez Demorizi, 1970; Bansart, 1992). Esta cuestión ha dado lugar a un considerable debate sobre los orígenes de este grupo de culturas paleoindias, que no es objeto ahora de comentar. También hay que decir que las herramientas encontradas pertenecientes al pueblo Casimira, son iguales a las utilizadas por los cazadores de las culturas paleoindias tardías de la América Central, para la captura de grandes mamíferos terrestres y marinos, como el mastodonte o el manatí (Derosiers, 1963; Müller-Beck, 1966, Watts, 1987, Marone, 1988). No obstante, los grandes mamíferos terrestres no estaban presentes en el sur de La Española en esta época.

Esta primera fase de asentamiento paleoindio de La Española finalizó poco después del año 2500 a. de C., época en que el nivel del mar empezaba a bajar de nuevo hasta llegar al nivel actual, unos quinientos años después (Rouse, 1966; Rodríguez Armando, 1976; Silié, 1998). Asimismo, las zonas costeras se hicieron más áridas, con una mayor preponderancia de sabana y matorrales en las áreas boscosas húmedas lluviosas. El hábitat como recurso de subsistencia de los paleoindios se quedó restringido en su extensión.

En el año 1000 a. de C., época en que, tanto las tierras costeras como la distribución de los tipos de clima y de vegetación, habían alcanzado en gran medida la situación actual, grupos de indios cultural y técnicamente más avanzados, conocidos por el nombre de mesoindios, empezaron a ocupar el lugar de los antiguos pobladores en la tierra firme venezolana, de donde partieron hacia La Española (Rodríguez Demorizi, 1970; Rodríguez Armando, 1976; Watts, 1987). Los conchales fueron en gran parte abandonados y sustituidos por emplazamientos en las cumbres de las dunas y en montículos situados en tierras pantanosas. Los basureros hallados en sus alrededores parecen indicar que los mesoindios se nutrían de diversos peces, crustáceos, tortugas y manatíes que capturaban y de plantas silvestres, pues no conocían la labor agrícola. Sus utensilios eran de piedra como la de pedernal (Rouse, 1966; Veloz, 1979).

Los restos, hallados en caimitos, en la costa meridional de la República Dominicana contienen también algunos objetos dispersos de cerámica (Meggers y Evan, 1978). Al igual que los paleoindios, los mesoindios tenían una buena dieta, bien equilibrada, rica en proteína; recogían frutos silvestres, hierbas de los bosques y matorrales; capturaban animales terrestres y de agua dulce y salada, entre otros: peces, tortugas, iguanas y manatíes (Vidal de la Blache et al., 1936; Bansart, 1992). Sin embargo, a pesar de haber utilizado estos recursos naturales, no modificaron por ello el entorno natural.

El respetuoso manejo ambiental de los indios en la época pre-colombina

El intercambio armonioso entre la sociedad humana y la naturaleza, es la principal cuestión que se debe tener en cuenta cuando se trata de hablar de la relación entre el hombre y su medio circundante. Esta búsqueda de equilibrio parece haber sido uno de los objetivos primordiales de las primeras tribus indígenas que tomaron posesión de la isla en la época pre-Colombina.

Los indios mayoritariamente eran pescadores, nómadas, cazadores de origen. Su asentamiento en las Antillas se hizo a la par con el desarrollo técnico agrícola, que reemplazó la cosecha primitiva (Watts, 1987, CRES DIP, 1991). La agricultura practicada por los indígenas fue en cierto modo destructiva, y se desarrolló en torno a la plantación de cultivos que se reproducían vegetativamente mediante corte. Esta modalidad de agricultura se adaptaba bien al clima de la isla: humedad ambiental, fases estacionales de lluvias y sequía. Según, Watts (1987), la selección de un conuco, es decir parcela de cultivo por cada familia, constituía la primera fase del ciclo agrícola, para los indios, los conucos podrían estar en cualquier terreno, con excepción de las

laderas montañosas más altas y empinadas, tierras pantanosas y herbosas y al final con preferencia al suelo bien drenado, ligero y cercano a un poblado.

Generalmente, la selección de los conucos se hacía al final de la estación de lluvias y estaban situados alrededor de dieciséis kilómetros de los poblados. En general, las tierras de las selvas lluviosas o estacionales fueron evitadas y se escogían en su lugar las de vegetación secundaria (Sauer, 1966; Wizarada et al. 1982). No cabe duda de que las razones para ello fueron buenas, porque en primera instancia era muy difícil despejar la selva madura, con sus elevados árboles madereros, gruesos troncos y lianas intrincadas; en cambio, la vegetación secundaria daba lugar a menos problemas. Aun así, los árboles jóvenes, de unos cinco años en los entornos naturales húmedos, podían alcanzar troncos de dimensiones considerables, hasta unos 15 centímetros de diámetro (Rodríguez Demorizi, 1970; Cassá, 1990; Ayensu, 1999).

La eliminación de la vegetación a partir de la localización de los conucos se hacía por lo común a través de una doble operación: se quitaba el primer anillo de corteza de los árboles y se talaban, dejando luego los trozos en el suelo para que se pudrieran. Una vez talados, los troncos y las ramas se secaban en la tierra durante un tiempo y luego se quemaban hacia el final de la estación seca (abril-mayo). Esta última operación tuvo que ver con el abono orgánico que utilizaban los indios para aumentar la cantidad de fósforo, así como de calcio y magnesio, en las capas superficiales del suelo, y al mismo tiempo preservar de altas temperaturas al suelo (Bowin, 1966; Gracia, 1983). Ambas cosas facilitaban la plantación y aceleraban el crecimiento en el primer año de vida de los cultivos.

Todo se hacía a pequeña escala (agricultura de parcela) para responder a las necesidades del grupo social. Sin ninguna duda, aquella forma de cultivo hacía menos daño a la tierra. También los indios utilizaban técnicas para drenar sus conucos e impedir la degradación del suelo por la erosión. Además, la pesca y la captura de mamíferos marinos quedaban restringidas a medida que se enturbiaban las aguas cercanas a las costas por la crecida de los ríos y el aumento de los residuos orgánicos contenidos en el agua (CRESDIP, 1991).

El periodo colonial

Es suficientemente conocido por los historiadores que según el proceso cronológico de las explotaciones, o el interés de las mismas, la economía de la isla tuvo como fundamento desde la época de la colonización la explotación de los recursos que estuvieron ligados principalmente a un manejo no adecuado de los bosques de esta isla, especialmente a causa de la minería, la ganadería y la agricultura comercial (Soll, 1972; Gracia, 1983, Hager et al., 1993). Los colonos explotaron en todos los ríos de la isla los yacimientos de minas, que estaban sobre todo en las estribaciones meridionales de la Cordillera Central. Crónicas como las de Antonio de Herrera, Gonzalo Fernández de Oviedo y del propio Bartolomé de Las Casas, alabaron el oro y la plata extraídos de los ríos y entrañas de la tierra dominicana durante los primeros instantes del “descubrimiento del Nuevo Mundo”. Todo ello contribuyó a la deforestación y al agotamiento de los recursos minerales en La Española.

Sin embargo, por la falta de expertos en minería y el coste muy elevado de extraerla, esta actividad no resultó rentable a corto plazo, lo que se tradujo en un abandono prematuro de las explotaciones mineras (Barret, 1962; Derosiers, 1963; Bowin, 1966). Probablemente también, los españoles abandonaron la explotación del oro en la isla por las minas de Perú. A principios del siglo XVIII, la minería en La Española era ya casi historia, apenas quedaba algún que otro pequeño yacimiento de plata u otros minerales que alimentaban algunas esperanzas y mínimos provechos particulares (Gracia, 1983).

Sin embargo, por la falta de expertos en minería y el coste muy elevado de extraerla, esta actividad no resultó rentable a corto plazo, lo que se tradujo en un abandono prematuro de las explotaciones mineras. Probablemente también, los españoles abandonaron la explotación del oro en la isla por las minas de Perú. A principios del siglo XVIII, la minería en La Española era ya casi historia, apenas quedaba algún que otro pequeño yacimiento de plata u otros minerales que alimentaban algunas esperanzas y mínimos provechos particulares.

Por otra parte, las óptimas condiciones del medio natural determinaron que la cría de ganado, iniciada con propósito de abastecimiento a los colonos españoles y que se convirtió muy pronto en importante riqueza para el consumo interno y el comercio (Guerrero, 1986). El clima y la vegetación resultaron ideales para el rápido desarrollo de los animales. Abundaron tanto el ganado vacuno como el caballo y el cerdo, siendo también numerosas las ovejas y cabras (Rosario, 1980). Hay que señalar que éstos eran los primeros animales domésticos herbívoros de La Española. En su mayor parte les dejaron que campasen libres y, como no había depredadores ni competidores naturales, se multiplicaron con rapidez, (ver tabla 1).

Pero, al practicar el pastoreo abierto, se produjo una devastación de los conucos productivos, además de otros efectos debido a la cría de ganado. El aumento de la actividad de pastoreo tuvo grandes consecuencias ecológicas. Los animales traídos por los europeos modificaron el medio ambiente de la isla por los efectos del pisoteo. A lo largo de los senderos recorridos por los animales, la frecuente acción de sus pisadas compactaba el suelo, reduciendo el índice de infiltración de las precipitaciones recibidas y terminando por facilitar la canalización de las aguas de arrastre incluso sobre pendientes ligeras, con la consiguiente erosión gradual. Las formas masivas de este tipo de erosión causada por corrientes de agua (barrancas y arroyos), tan extendidas ahora en zonas de montañas, son posteriores a la llegada de los animales de pastoreo europeos.

Tabla 1. Evolución de la ganadería de vacuno en la época colonial

1568 “época de oro de la ganadería dominicana”	1603	1772
400.000 reses de vacuno	270 fincas ganaderas	271.000 reses de vacuno

La agricultura que practicaron los españoles en la isla fue al principio la plantación de cultivos mediterráneos: semillas de trigo, garbanzos, centeno, cebollas, rábanos, melones, algunos árboles frutales que llevaban desde España para atender las necesidades de supervivencia (Rodríguez Demorizi, 1970; CRES DIP, 1991). Al fracasar los intentos de Colón en cuanto a cultivar trigo y centeno en la isla, sometió a los colonos a una aguda escasez de alimentos, lo cual les hizo dirigirse hacia los conucos indios para alimentarse (Watts, 1987). Aunque se agravó la situación económica de La Española, por dejar la explotación minera, comenzó el interés por los cultivos comerciales y fueron un éxito las siembras de caña de azúcar, arbustos y plantas de café y de cacao, de añil, algodón y canela. Ante todo, la caña de azúcar alcanzó el rango de oro antillano (Derosiers, 1963).

La mayoría de los cambios operados en las prácticas agrícolas se llevaron a cabo en tierras que aún no estaban manipuladas por el hombre y eran ricas en recursos renovables (agua y suelo especialmente). Pero estos recursos comenzaron a disminuir debido principalmente a la deforestación a gran escala efectuada para dar paso a las propiedades azucareras y para mantenerlas. Pero también, a la eliminación constante, sin reposición, de nutrientes del suelo, provocada por la caña y agravada en ciertos

lugares por la erosión de la capa fértil del suelo ladera abajo, debido a prácticas agrícolas defectuosas (Watts, 1987). Asimismo, desde 1665 se hizo una amplia deforestación y se agudizó más aún la escasez de árboles madereros y empezó a disminuir el rendimiento agrícola con el progresivo deterioro del suelo.

Tendríamos que añadir además, que la producción natural más importantes de la isla fue siempre la madera, con la consiguiente tala forestal. En la Real Cédula de 11 de abril 1786, la Corona Española favoreció la libre extracción de esta madera pagando los impuestos correspondientes (Rosario, 1980; Guerrero, 1986). Esta medida trajo consigo una deforestación que se expresa en un excesivo número de talas en la parte dominicana, sin que se llevase a cabo un plan de repoblación, lo que hacía prever una desaparición casi total de este árbol en algunas zonas.

La degradación ambiental en Haití

La deforestación que ha conocido este país desde hace siglos, ha afectado seriamente a los suelos, así como una falta de voluntad política en la ordenación del territorio. De hecho, desde la colonización francesa, se han venido estableciendo grandes plantaciones de cultivos, no limitando esta actividad agrícola a las llanuras, sino según Pierre Louis (1986), también en gran medida a los bosques vírgenes de las montañas, que por otra parte se han deforestado con fines estratégicos de defensa del territorio; hay que añadir también el pago de la elevada deuda contraída con Francia a cambio de su independencia política, cobrada finalmente en madera. El resultado actual ha sido la extensión de la frontera agrícola, principalmente en tierras de montaña con pendientes muy fuertes: el 85% de la pérdida de suelos resulta de los cultivos puestos en laderas con pendientes superiores al 50%, sin ningún tipo de control o planificación de los suelos utilizando además, métodos que no buscan la conservación de los mismos (Anglade, 1982; Saint Lôt, 1989; OEA, 1990; Magny, 1991).

Figura 1-a

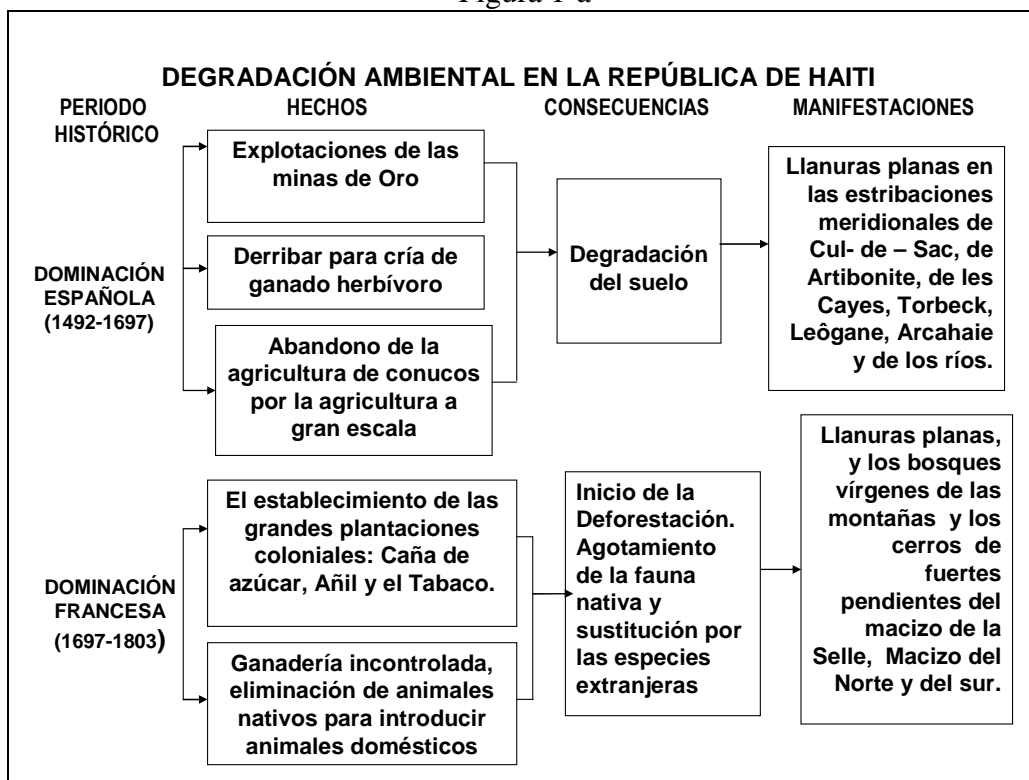


Figura 1-b

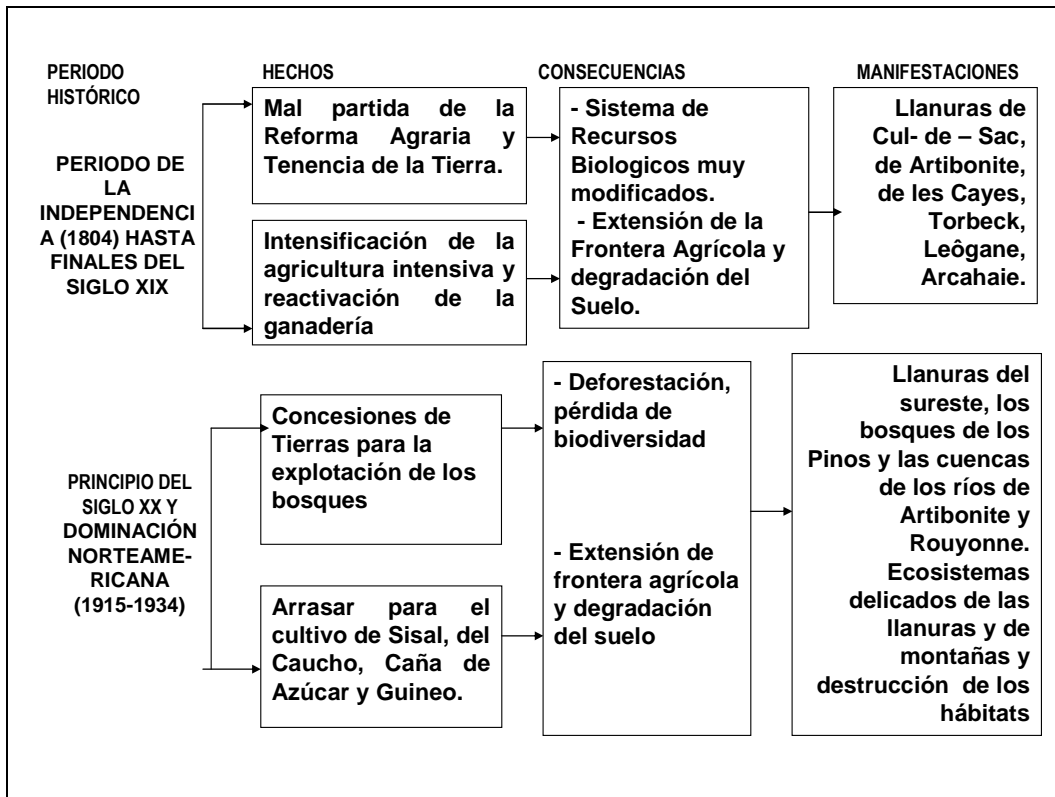
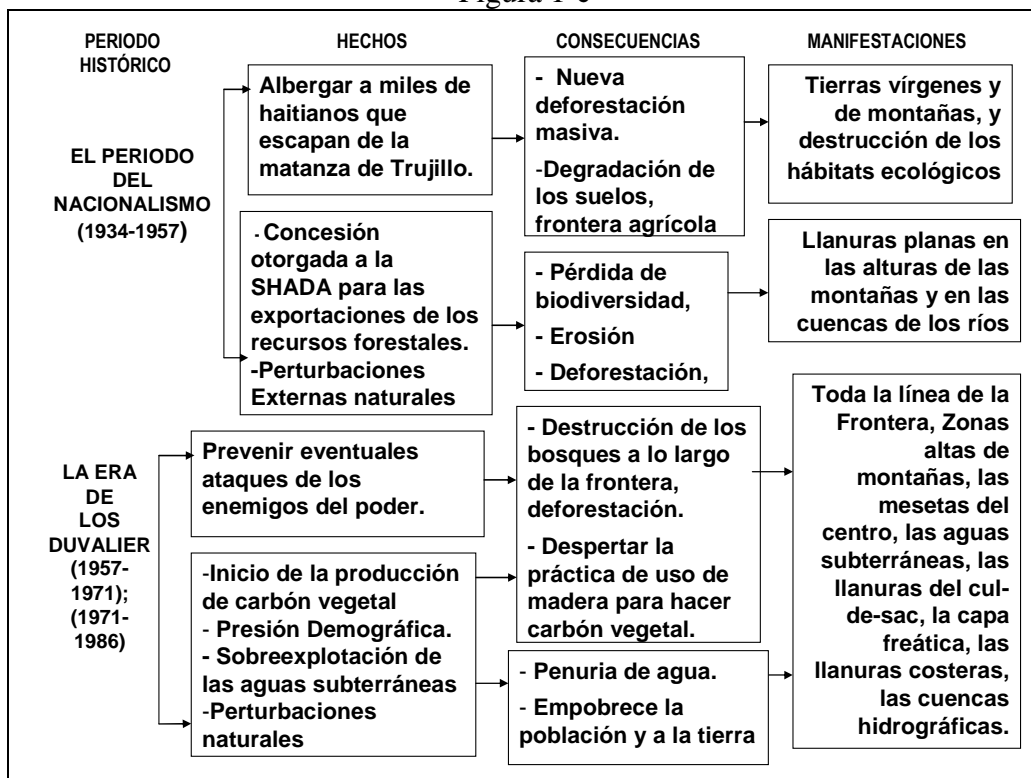
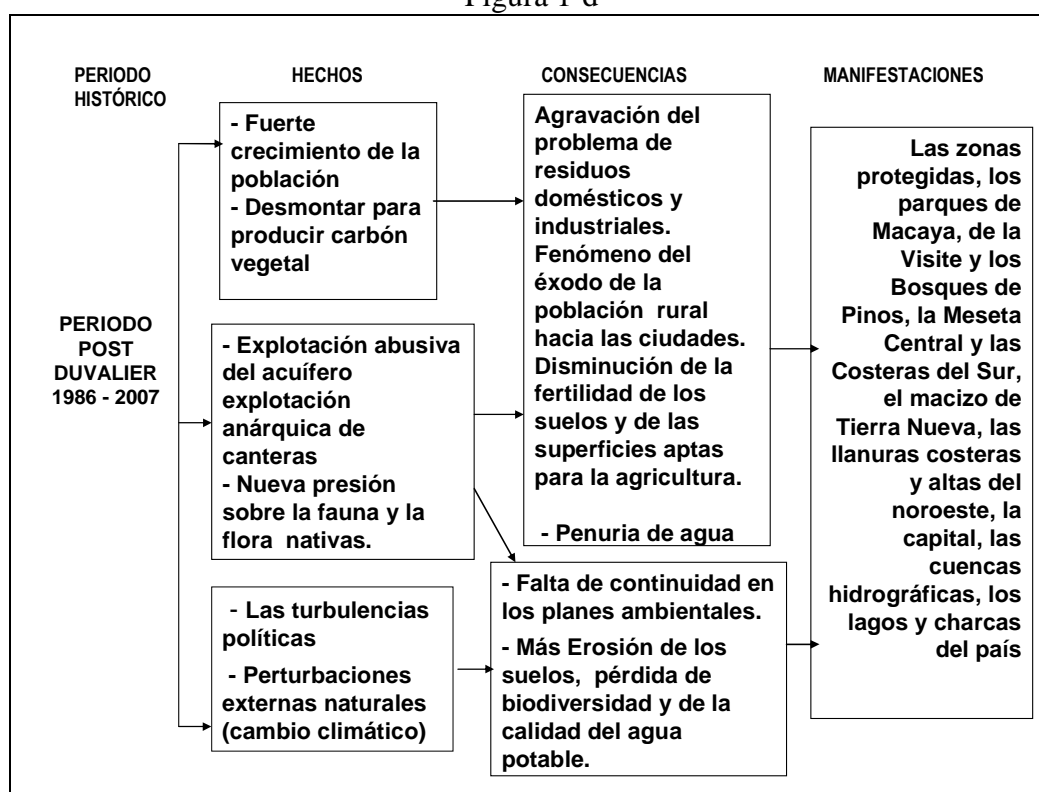


Figura 1-c



Estas acciones son las máximas responsables de la repercusión ecológica, especialmente por la deforestación completa, la disminución considerable de fertilidad de los suelos y la pérdida de cobertura vegetal, a lo que debemos añadir las eventuales modificaciones climáticas (irregularidad y disminución de la pluviométrica, sedimentación de los canales de regadío, desertificación de algunas zonas o regiones del país, aumento de catástrofes naturales –ciclones, huracanes, inundaciones- y creciente salinidad en la capa freática). En los últimos años, la pobreza (actualmente el 80% de los haitianos son pobres y el índice de analfabetismo es el más alto del mundo), ocasiona la tala y quema de recursos vegetales. Como resumen, la pérdida anual de suelo a causa de la erosión esta evaluada en 800.000 \$/año, es decir 0,26% del valor de la producción total; el porcentaje de suelos de regadíos y propios de la agricultura mecanizada es muy escaso y esta estimado a 11.3% de la superficie total de los suelos (BM, 1990; FAO, 1991; FAO, 2004).

Figura 1-d



En las figuras 1-a,-b-c y d se muestran los esquemas de las relaciones entre los periodos históricos y la degradación ambiental en el país haitiano. Las consecuencias de la degradación de los suelos en Haití (figura 2), se manifiestan no solo en el plano ecológico, sino también sobre los planos político y social: nacimiento de conflictos locales en razón de problemas medioambientales entre los intereses de los gestores del territorio y otras posibles prácticas divergentes; la incapacidad del Estado para asumir como crisis la degradación de los suelos del país por la propia situación política que vive; la escasez de la producción agrícola para la demanda alimenticia de una población creciente (2,08% tasa anual de crecimiento); la descapitalización del campesino y el aumento del éxodo a las ciudades con el abandono de las tierra.

Figura 2. Consecuencias de la degradación del suelo en Haití

<p style="text-align: center;">SOBRE EL PLANO ECOLÓGICO</p> <p>Deforestación completa; disminución considerable de las tierras cultivables; pérdida de biodiversidad; eventuales modificaciones climáticas con una irregularidad y una disminución probable de la pluviométrica; sedimentación excesiva en los canales de regadío; desertificación de algunas zonas o regiones del país; aumento de catástrofes naturales: ciclones, huracanes, inundaciones, incendios y aumento de la salinidad de la capa freática.</p> <p style="text-align: center;">SOBRE EL PLANO POLÍTICO</p> <p>Nacimiento de conflictos locales en razón a los problemas medioambientales entre los gestores del espacio y los intereses y prácticas divergentes; incapacidad del Estado para dar la cara a las crisis ambientales de manera adecuada y el efecto de retorno sobre la credibilidad de la democracia.</p> <p style="text-align: center;">SOBRE EL PLANO SOCIO-ECONOMICO</p> <p>Baja de la producción agrícola con una dependencia creciente del sector de alimentos; descapitalización del campesino; aumento del éxodo en las ciudades; disminución de la rentabilidad de las infraestructuras y acumulación de desechos sólidos en las ciudades.</p>
--

La degradación ambiental en la República Dominicana

En el esquema que presentamos en la figura 3 resumimos las principales épocas históricas con aquellas manifestaciones de degradación ambiental que más las podría caracterizar. No es posible detenernos en comentar cada una de ellas. Sin embargo, nos vamos a referir a algunas diferencias en los dos países que conforman esta isla.

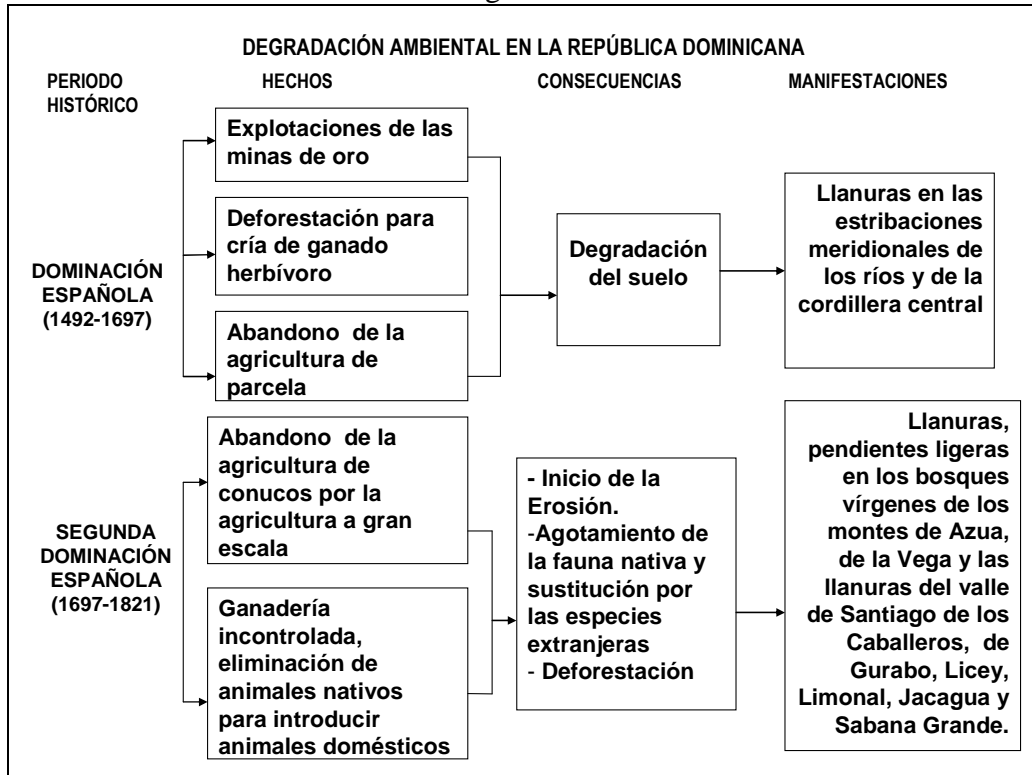
Durante la colonización española, Santo Domingo no era una colonia de plantación de azúcar como lo fue Haití, ni sus empresarios estaban interesados en sus maderas preciosas como los franceses. Sin embargo, en los primeros años del siglo XIX comenzaron a exportar maderas preciosas, sobre todo caoba, bajo el control del gobierno francés de entonces. La exportación de caoba se acentuó durante los 22 años de la ocupación haitiana. Pero a partir de la fecha en la que los dominicanos obtuvieron la independencia y hasta los 40 años siguientes, los cortes de caobas continuaron. Además de la caoba, otros empresarios cortaban y exportaban guayacán y campeche. Por ejemplo, en Montecristi, operaban varios empresarios explotando los extensos bosques de campeche de la cuenca del río Yaque; también la cuenca del Yuna fue sometida en esta misma época a estas explotaciones (Rouse, 1966; Bansart, 1992; Martínez, 1994).

Desde 1875, con la utilización de la máquina a vapor para hacer funcionar los primeros ingenios modernos, la demanda de leña fue aún mayor, y los bosques de las grandes llanuras de la República Dominicana empezaron a desaparecer. Una parte desapareció para dar paso a las plantaciones de caña, mientras que otra fue consumida en las calderas de las centrales azucareras y de las locomotoras que movían sus trenes. La industria azucarera que se expandió en el siglo XX hizo desaparecer los bosques de las mayores llanuras del país. Así, en 1922 se estimó que la cobertura forestal de la República Dominicana era del 75% (England, 1998). En 1940 se había reducido al 69%, (Rodríguez Demorizi, 1970; Rodríguez Armando, 1976; Rodríguez, 1989). La FAO, en estudios de los años 1962 y 1989, señaló que desaparecieron unas 380 mil hectáreas de bosques, equivalentes a una pérdida anual de 14 mil hectáreas. En la actualidad solamente queda alrededor del 14 % de la superficie boscosa (SEMARN, 2006). Es decir, en menos de un siglo el país dominicano ha perdido el 60% de sus bosques. El

fenómeno de la deforestación contribuye a la erosión de los suelos, aguas abajo, lo que implica más deslizamientos de tierras e inundaciones.

Pero también, a diferencia de Haití, la República Dominicana no ha perdido aún todos sus bosques. Aunque en muchos casos éste ha sido sustituido por el pastizal en numerosos lugares de las montañas, y este fenómeno ha sido negativo para la preservación de los ríos y otras fuentes de agua, sus efectos han sido menos catastróficos que en Haití, donde las necesidades de tierra de la población campesina para zonas de cultivo han contribuido a reemplazar la vegetación o el pasto por cultivos de ciclo corto, que exponen los suelos a una mayor erosión.

Figura 3-a

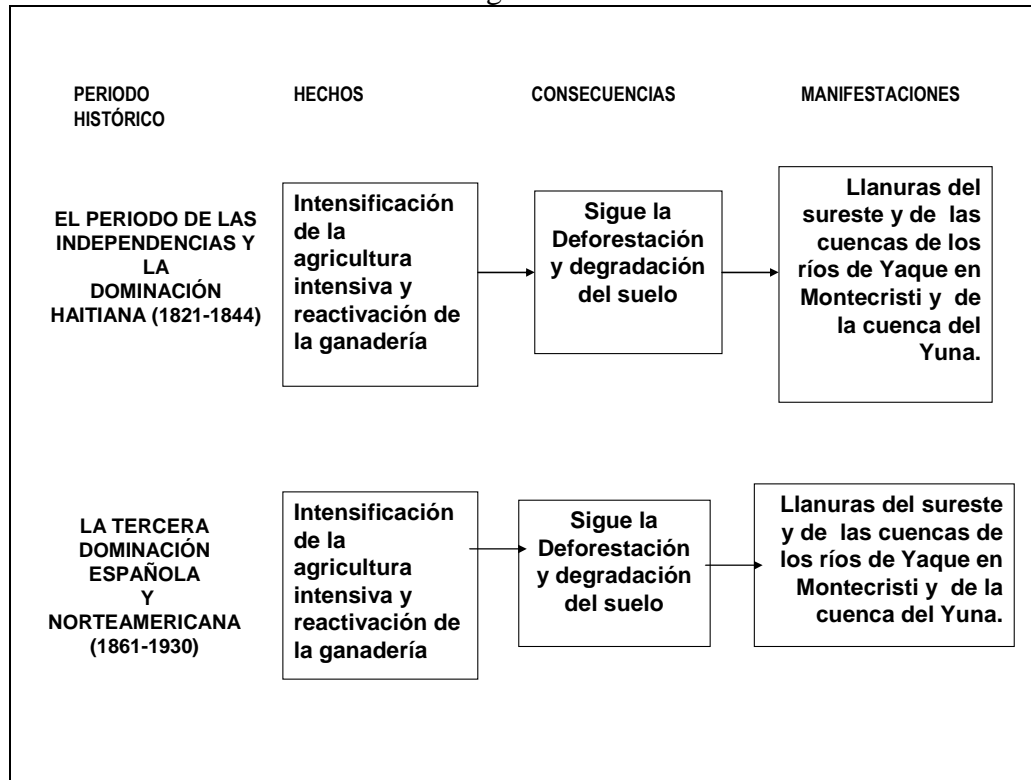


La deforestación no es solamente, ni mucho menos, un fenómeno ocasionado por las actividades agrícolas, sino por otros factores ligados con el urbanismo, la industria y los aspectos sociales que los acompañan. Pero, en gran medida en este país, a otras causas. Baste citar por ejemplo que durante muchos años, las montañas dominicanas quedaban a merced de los fuegos intencionados pagados por los ganaderos en una lucha sin fin contra el bosque para convertirlo en pastizal. A lo largo de los treinta y un años de gobierno de Trujillo, miles de campesinos fueron desposeídos de sus tierras, obligándoles a emigrar a las ciudades; las montañas se quedaron sin bosques y los ríos sin agua; todo ello se justificó por la naturaleza depredadora de su régimen, que tendía a explotar las riquezas del país en beneficio personal y familiar (Bosch, 1985; Luzón, 1988). En 1967, seis años después de la muerte de Trujillo, se calculó que apenas quedaban 9 millones de hectáreas de bosques en la República Dominicana, en contraste con los 46 millones que había en 1916 (Bosch, 1985).

Otra diferencia respecto a las causas de la degradación ambiental está ligada actualmente al desarrollo turístico del país. La industria turística de la República Dominicana, que ha crecido a un ritmo vertiginoso en estos 20 años, no ha disfrutado de una adecuada planificación que facilite, por un lado la maximización de sus beneficios

y, por otro lado, la minimización de los daños ambientales innecesarios. Aunque el establecimiento de zonas turísticas permitieron que este sector se convirtiera en la primera fuente de divisas de la economía dominicana, por encima de las zonas francas industriales, se calculó que en 1988 el sector turístico ha participado en un 13,5% del PIB con 1,5 millones de dólares y el número de turistas alcanza los 2 millones (Castellanos et al, 1994).

Figura 3-b



En las figuras 3-a, b, c y d se muestran los esquemas de la degradación ambiental en república Dominicana correlacionada con los períodos históricos. El momento actual viene marcado sin duda por el desarrollo turístico en este país. Dado que el mismo se ha localizado más en el litoral, los ecosistemas marinos y los bosques del mismo (especialmente manglares), han sido sometidos a un incremento constante de deterioro ambiental. Los riesgos del crecimiento rápido y no planificado son comunes a todas las actividades económicas, y se concretan en el agotamiento de los recursos que sustentan la propia creación de riqueza. Los problemas ambientales a los que las playas dominicanas han sido sometidos se resumen en la insuficiencia de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y la explotación sin ningún control de los arrecifes coralinos, y en ocasiones a su demolición, con el objetivo de mejorar las condiciones de las playas (Bona, 1990; Castellanos et al, 1994). Así pues, las causas de la degradación del ecosistema marino y costero son muy variadas: el uso inadecuado de los recursos pesqueros mediante la pesca inadecuada en criaderos naturales, la destrucción de los hábitats de importantes criaderos, el arrastre de sedimentos y sustancias nocivas tanto orgánicas como inorgánicas por parte de los ríos o por vertidos directos, extracción de arena y otros materiales para la construcción por parte de la industria de la construcción.

Figura 3-c

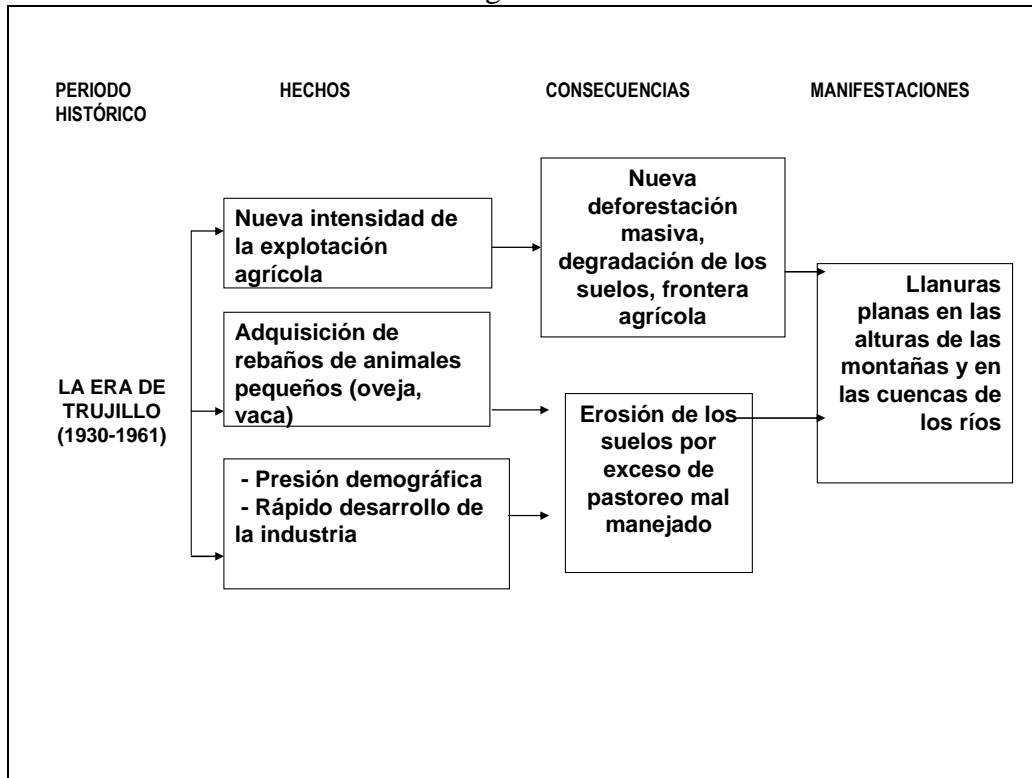
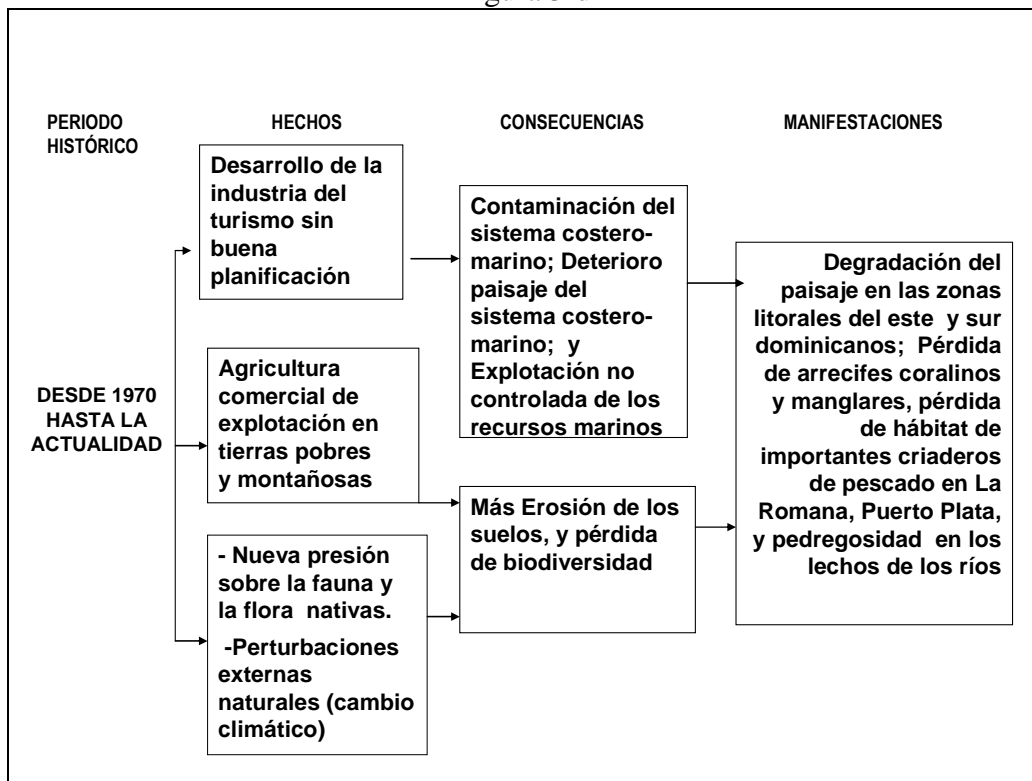


Figura 3-d



La extracción indiscriminada de agregados de los lechos de los ríos, la destrucción progresiva de manifestaciones naturales y únicas, como las dunas de Bani, el

agotamiento del bosque para el suministro de maderas preciosas o de pino - ambos en la actualidad muy afectadas, aunque hay varios planes de reforestaciones-, la muerte de los montes para la producción de carbón, etc., son situaciones que pueden ligarse a actividades empresariales que han sido desarrolladas sin tener conciencia de que promueven una destrucción de los ecosistemas del país. Asimismo, desde hace más de tres o cuatro décadas se ha reemprendido la industria minera sin evaluar todavía sus costes ambientales: la explotación de sal y yeso en Barahona, de bauxita en Cabo Rojo y en Pedernales, de ferroníquel en Bonao, de oro y plata en Pueblo Viejo (Ellis, 1994).

Conclusiones

El proceso de transformación de los ecosistemas naturales en la isla La Española, que ha conducido a la implantación de diferentes sistemas de producción económica, ha sido la causa de cambios sustanciales en el paisaje, tanto a nivel estructural como funcional. Evidencias de ello son: el carboneo clandestino en los dos países que forma esta isla; la alteración de los patrones espaciales de vegetación en territorio, expresada en la reducción y fragmentación de los ecosistemas naturales originales (especialmente los bosques), o en su total reemplazo por vegetación antropogénica (cultivos y pastos); la alteración de los ciclos hidrológicos y los procesos asociados a los mismos (como la colmatación de sedimentos en los ríos); la reducción de la capacidad productiva del suelo debido a una erosión intensa; la pérdida de la biodiversidad y la alteración del clima local/regional.

Decir, por último, que los factores que han afectado a la degradación de esta isla caribeña, se han debido siempre a tres grandes ejes que actúan a la vez: el eje político, el eje socio-económico y el eje físico-natural. Valgan los siguientes ejemplos al respecto. En relación al primer eje está la raíz de la degradación de los suelos en Haití desde la colonización hasta hoy en día; es una falta de voluntad política de proteger el medioambiente haitiano. También, a lo largo de toda la historia política de los dos países, los gobiernos han favorecido la colonización de las tierras forestales por compañías extranjeras o particulares.

En relación al eje socio-económico podríamos citar la dinámica de la pobreza, que aparece como un círculo viscoso entre causa y consecuencia del deterioro de los recursos naturales. Y en relación al eje físico-natural, podríamos citar el cambio climático que estamos comenzando a percibir y que viene a añadirse a la inestabilidad de muchas zonas de la isla, implicando que ésta sea más vulnerable y sensible a la erosión y la sequía.

Bibliografía

- Anglade, G., 1982. *Atlas critique d'Haiti*, Montreal, Ed. ERCE, CRC.
- Ayensu, E.; D. van R. Claasen, M.; Collins, A.; Dearing, L.; Fresco, M.; Gadgil, H. Gitay, G.; Glaser, C.; Juma, J.; Krebs, R.; Lenton, J.; Lubchenco, J.A.; McNeely, H.; A. Mooney, P.; Pinstrup Andersen, M.; Ramos, P.; Raven, W. V.; Reid, C.; Samper, J.; Sarukhán, P.; Schei, J.; Galízia Tundisi, R.T.; Watson, X.; Guanha & A. H. Zakri. 1999. International Ecosystem Assessment. *Science*, 286: 685-686
- Bansart, A., 1992. *Cultura. Ambiente y Desarrollo (escaso del Caribe Insular)*. Ed. IAEAL. Caracas.
- Barret, W., 1962. Emerged and sumerged shorelines of the Dominican Republic. *Rev. Geology*, 30 : 51-77. Ya te lo he corregido yo pero es apar que te fijes
- B.M (Banque Mondial), 1990. *Gestion des Ressources Naturelles en vue d'un développement durable en Haïti*. Informe final.
- Bona, P, P., 1990. Situación Ambiental y Factores condicionantes en la zona costera de la Republica Dominicana, Ed. *Fundación Ciencia y Arte*.

- Bosch, J., 1985. *La fortuna de Trujillo*. Ed. Alfa & Omega, Santo Domingo, Republica Dominicana.
- Bowin, C., 1966. Geology of the Central Dominican Republic, a case history of part of an island arc. *Caribbean geological investigation, Geological Society of America Memoir*, 98: 11-84.
- Cassá, R., 1990. Los Tainos de la Española. Ed. Santo Domingo
- Castellanos, G.; Bona Prandy, P., 1994. Problemas ambientales en las áreas turísticas de la Republica Dominicana, en: Serulle Ramia, J. (eds). Recursos naturales y Medio Ambiente en la Republica Dominicana. Serie: *Colección Desarrollo Integral (Rep. Dominicana)* Ed. Fundación Ciencia y Arte. 269- 278.
- CRES DIP (Centre de Recherche Sociale et de Diffusion Populaires d'Haiti), 1991. *Haiti, Terre Délabrée- Ecologie et Dictature*. Ed. Imprimeur II.
- Derosiers, T., 1963. *Civilisation Indienne et Culture Haitienne*. Imprimerie Rodriguez, Port-au-Prince.
- Ellis, G, M., 1994. *La industria minera en la Republica Dominicana, en Recursos naturales y Medio Ambiente en la Republica Dominicana, (Ed) Fundación Ciencia y Arte*. 113-116.
- England, R. W., 1998. *Should we pursue measurement of the natural capital stock. Ecological Economics* 27: 257-266.
- Escudero. G. A, 1985. *Población y economía en Santo Domingo (1700-1746)*, Sevilla.
- FAO, 1991. *Plan de Acción Forestal. De la Republica Dominicana*, FAO.
- FAO, 2004. Mission FAO/PAM, d'évaluation des récoltes et des disponibilités alimentaires en Haiti. www.fao.org.
- García.Gil-Bermejo. J., 1983. *La Española: anotaciones históricas (1600-1665)*, Sevilla.
- Guerrero, M, M., 1986. *Santo Domingo (1795-1865)*, Universidad de Cádiz.
- Hager, J. y Zanori, T.A., 1993. La vegetación natural de la Republica Dominicana: una nueva clasificación. *Moscoso*, 7 : 39-82.
- Luzón, J. L. B., 1988. *República Dominicana*. Ed. Anaya, S.A.
- Magny, E., 1991. *Ressources Naturelles, Environnement: une nouvelle approche*. Ed. Henri Deschamps.
- Marone, L., 1988. Acerca de la conservación de la naturaleza y la teoría ecológico-evolutiva. *Revista chilena de Historia Natural*. (61): 11-18
- Martínez. E, 1994. Situación ambiental de la Republica Dominicana. Ed. SURENA
- Meggers, B.J., y Evans, C. 1978: *Lowland South America And the Antilles*.
- Müller-Beck, H, 1966. *Palao-hunters in America: Origins and diffusion*. Ed. Science.
- OEA, 1990. *Haiti Mision d'assistance technique. Rapport final*.
- Pierre- Louis, C., 1986. *Haiti 2000: Bois et reboisement*, Imprimerie Express, Port-au-Prince.
- Rodríguez Armando, C, 1976. *Geografía de la Isla de Santo Domingo y Reseña de las demás Antillas*. Ed. Sociedad Dominicana de Geografía.
- Rodríguez Demorizi, E, 1970. *Relaciones Geográficas de Santo Domingo*, Vol. I, Santo Domingo. Ed Del Caribe, C. por A.
- Rodríguez, L. A., 1989. Resumen de la situación forestal en la republica Dominicana. Santo Domingo. En: Serulle Ramia, J. (eds). Recursos naturales y Medio Ambiente en la Republica Dominicana. Serie: *Colección Desarrollo Integral (Rep. Dominicana)* Ed. Fundación Ciencia y Arte. 149-156.
- Rosario, M, 1980. *Santo Domingo Tierra de frontera (1750-1800)*, Sevilla.
- Rouse, I, 1960. *The entry of man into the West Indies*, Yale University Publications in Anthropology.

- Rouse, I, 1966. "*Meso-America and the eastern Caribbean area*". En: *Handbook of Middle American Indians*, ed. R. Wauchope, University of Texas Press.
- Rouse, I. y Cruxent, J.M, 1963. *Venezuelan Archaeology*. New Haven: Yale University Press.
- Saint Lôt, M, 1989. *Situation de l'Environnement en Haïti, (Consultant)*, UNICEF, Haïti.
- Sauer, C.O, 1966. *The early Spanish Main*. Berkeley y Los Ángeles: University of California Press.
- SEMARN (Secretaria de Estado de Medio Ambiente y de Recursos Naturales), 2006. *Programa de Acción Nacional de Lucha Contra la Desertificación y Sequía de la Republica Dominicana. Coordinación Nacional Subsecretario de Suelos y Aguas, Grupo Técnico Interinstitucional*, Santo Domingo.
- Silie, R; Iona, O; Antonin, A, 1998. *La République Dominicaine et Haïti face à l'avenir. CIDIHCA. Montréal*.
- Soll, U, 1972. *Los recursos naturales: La agricultura y la minería*. Economía, enfoque América Latina .Libros McGraw Hill, México.
- Veloz, M.; Luna, F. y Rimioli, R.D. 1979. *Investigaciones arqueológicas en la provincia de Pedernales, República Dominicana*. Ed. Universidad Central del este, *Serie científica VIII*, San Pedro de Macorís, R.D.
- Vidal de la Blache y Gallois, L, 1936. *Las Antillas en Geografía Universal*, Ed Montaner y Simon, S.A, Barcelona.
- Watts D, 1987. *Las indias occidentales modalidades de desarrollo, cultura y cambio medioambiental desde 1492*, Ed. Alianza, Madrid.
- Wizarda, H; Michael, K, 1982. *The Dominican Republic: A Caribbean Crucible*. Colorado, ed. Harper & Row Publishers, Estados Unidos.
- Yunén, R., E, 1998. Medio Ambiente en Haiti y la Republica Dominicana. En: Silié et al. *La Republica Dominicana y Haiti fuente al futuro*. Ed FLASCO, Republica Dominicana.

3. CARACTERIZACIÓN DEL TERRITORIO DE PEDERNALES

Resumen

La dispersión de documentación relacionada con las características biofísicas del territorio comprendido en la provincia y cuenca de Pedernales ha sido la base para la planificación de este trabajo. Los materiales bibliográficos consultados se encuentran la mayor parte de las veces poco accesibles, debido tanto a causas de documentos no publicados tanto en República Dominicana como en Haití, muchas veces elaborados por organismos internacionales como la OEA y la FAO, como a la categoría de los mismos. En este último aspecto, el hecho de que en este territorio se ubiquen dos grandes parques nacionales del país dominicano, hace disponible más documentación respecto al país haitiano, no siempre científica, sino divulgativa. La lectura detallada confrontada con distintos especialistas en las áreas de las ciencias de la naturaleza, han conducido a la exposición de los resultados en orden a las mismas. Las lagunas encontradas especialmente en relación a datos cuantitativos, tanto en suelos como aguas, implicará abordar estas cuestiones en próximos trabajos.

Metodología

La principal fuente de documentación para realizar este trabajo la ha constituido la cartografía realizada por la OEA (Organización de Estados Americanos) para los dos países en donde se ubica el territorio de estudio, (OEA, 1967). La antigüedad de algunas terminologías empleadas en esos documentos, ha obligado a revisar sobre todo las nomenclaturas para la clasificación de suelos. Para la catalogación de las unidades de paisaje vegetal se ha utilizado la cartografía de Tolentino y Peña (1998) y del ONAPLAN-AECI, (2003). Además ha sido preciso confrontar datos recogidos en el diagnóstico realizado en campo de 80 estaciones de muestreo de este territorio siguiendo el transepto altitudinal que va desde 1300 m hasta el nivel del mar., tanto para la provincia como para la cuenca transfronteriza del río Pedernales. Por último, se ha realizado un análisis de las correspondientes litologías de dichas localidades

Resultados y discusión

3.1 Geología, unidades geomorfológicas, litología, clima y suelos

El perfil geológico de la provincia Pedernales correspondiente a la zona baja, es predominantemente de margas. Sin embargo, a partir de los 14 m sobre el nivel del mar, inician las terrazas cársticas hasta alcanzar una elevación entre los 50-60 m. Se encuentran yacimientos de bauxita sobre los 365 m en Las Mercedes y dentro de los límites del Parque Nacional Sierra de Bahoruco, a partir de 1.280 m hasta los 1.645 m. El modelo de mineralización posible para las bauxitas lateríticas y kársticas de esta sierra es análogo al que presentan otros lugares del Caribe (Pinar del Río en Cuba o Manchester y Calderón en Jamaica), según la Secretaría de Estado de Industria y Comercio, (Dirección General de Minería de la República Dominicana, 2001).

Como toda la provincia Pedernales queda incluida en la reserva de la biosfera, mostramos a continuación sus unidades geomorfológicas y sus correspondientes litologías. Tres unidades geomorfológicas se encuentran representadas en esta provincia: la Sierra de Bahoruco, la Escalera de Las Mercedes y el Karst de Jaragua (Fonseca et al., 1967). La primera se extiende desde la frontera con Haití hasta el mar (70 x 40 km). Es una abrupta y alcanza cimas de más de 2000 m a pesar de lo estrecho de su base y de llegar hasta la orilla del mar con un frente de 25 km. En lo alto de la sierra está el “Hoyo de Aceitillar”, un antiguo lago fósil. Al Norte, que es la parte más escarpada, está separada de la Hoya de Enriquillo por una escalera de fallas, de la que

ella es el “bloque superior”. Al Sur, termina formando una serie de grandes terrazas, cuyo escalonamiento inferior constituye la región denominada “Procurrente de Barahona”, que se extiende hasta el mar, prácticamente al sur del eje Pedernales-Enriquillo (figura 1).

La sierra de Bahoruco es el segundo sistema de montañas más elevado del país dominicano. Esta sierra se origina en el territorio dominicano pero inmediatamente se adentra al territorio haitiano. Su altitud máxima se sitúa a 2.367 m sobre el nivel del mar y esta formación geológica está cimentada en un sustrato carbonatado. Las calizas sobre las que reposa son de características sedimentarias y contienen importantes especies de algas pertenecientes al período del Eoceno Medio (40 millones de años). La complejidad de la geología en la Sierra de Bahoruco se debe al gran tectonismo presente en esta región, donde se localiza el más amplio sistema de fallas, dando origen a la formación de medianos y pequeños valles intramontanos, cabalgamientos de calizas eocénicas sobre calizas oligocénicas y grandes hundimientos cársticos convertidos posteriormente en lagunas. Este tectonismo regional es el producto de los efectos compresionales provenientes de la parte occidental. Las rocas del complejo ígneo son de origen volcánico, principalmente basaltos, piroclastos y gabros

Figura 1 .Mapa geomorfológico generado sobre la base de la cartografía de la OEA de 1967



Existe en esta sierra un amplio sistema de fallas debido al hecho de que esta parte de la isla está en el extremo occidental de la placa del Caribe, que es empujada en dirección Oeste-Este. Una falla de tipo normal es la que separa la Sierra de Bahoruco de la Hoya de Enriquillo. Un sistema de fallas de gran importancia dentro del área es el de las Fallas de Pelempito que se extiende desde Loma Aguacate (fronteriza con Haití), hasta el Valle de Juancho. Otras fallas no menos importantes son la de Los Pinos, la de Bahoruco, que se extiende hasta Laguna Rincón, y la falla Oriental de la Isla Beata que marca el límite oriental de la Sierra a lo largo de la costa.

En esta unidad se pueden diferenciar diversos tipos de litología, desde sustrato lítico con coluviones de calizas, pasando por suelo de descalcificación de calizas de color rojizo con alto contenido en hierro, hasta un suelo carbonatado que se ha formado sobre unas

dolomías con alto grado de aloctonía, porque estamos en un macizo totalmente carbonatado.

Tabla 1. Litología que presentan los ecosistemas de la provincia de Pedernales

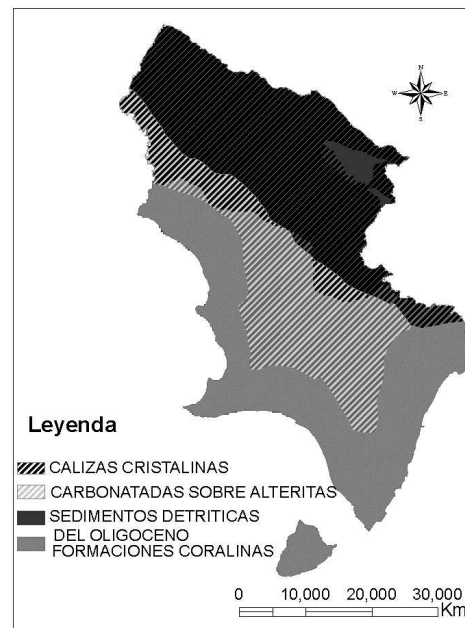
B. Coníferas	B. Nublado	B. Latifoliado	B. Seco	Mangl-Hum
Calizas Cristalinas	Calizas Cristalinas	Calizas muy cristalinas	Calizas	Calizas coralinas
Calizas y Arcillolitas	Calizas descalcificadas con arcilla	Calizas cristalinas	Calizas coralinas	Cantos y restos de conchas
Calizas rojizas	Calizas carbonatadas Dolomías	Calizas	Calizas con elevados niveles de Fe	
Calizas descalcificadas	Calizas	Calizas margosas	Calizas ligeramente margosas	
Coluviones de calizas	Coluviones de calizas	Calizas carbonatadas	Margas	
	Coluviones de calizas y restos de arcillas rojizas	Calizas carbonatadas con hierro	Coluviones de calizas	
		Calizas carbonatadas sobre alteritas		
		Calizas sobre alteritas y limonita		
		Calizas descalcificadas		
		Arcillolitas		

En la zona baja (Mapioro, Juancho, La Colonia), predominan las calizas margosas del Oligoceno. Estas calizas se siguen en las áreas núcleo y conectividad del parque nacional de Jaragua hasta la zona conocida como Fondo Paradis en Manuel Goya. En algunos lugares colindantes con la carretera hacia Pedernales, se encuentran cantos sueltos rodados carbonatados con manchas de óxidos de unas calizas margosas, oquerosas con huella de disolución, lo que indica que en el suelo de toda esa zona es abundante la arcilla que traba este material. Por ello percibimos suelos carbonatado de color rojo y muy ricos en hierro. Mientras que la parte del bosque seco que apunta hacia los manglares de Cabo Rojo y Bahía de las Águilas pasando por Las Cuevas de Pedernales, se pueden observar unos abanicos aluviales y unas calizas de arrecifes coralinos; de margas con mezclas detríticas y restos de conchas.

Asimismo, en la parte media de la cuenca del río de Pedernales (Mencía, Altagracia, Aguas Negras) se pueden apreciar unas calizas sobre alteritas y limonita mientras que en la zona de Mongote se pueden observar calizas margosas cristalinas y caliza silicificada, de nódulos de sílex en un paquete carbonatado. Sin embargo, en la parte alta de la cuenca se pueden apreciar, por un lado, suelos de coluviones de calizas y cantos rodados, con restos de arcillas rojizas por efectos de la laterización intensa. Y, por otro, unos suelos carbonatados de calcio, que apuntan a unas calizas dolomíticas, pero evidentemente con más carbonato cálcico.

El estudio litológico correspondientes a los diferentes tipos de bosque, (tabla 1) nos ha revelado que las rocas sedimentarias calizas son la litología predominante, aunque podemos decir que los coluviones de calizas, son las predominantes en el bosque tropical de coníferas y bosque nublado de la Sierra de Bahoruco; las calizas cristalinas en el bosque tropical latifoliado y las rocas detríticas y arrecifes del cuaternario (carbonatadas sobre alteritas) en el bosque tropical seco (figura 2).

Figura 2. Mapa litológico generado sobre la base de la cartografía OEA de 1967



El **clima** en sentido general puede clasificarse como semiárido, con oscilación anual y marcada variación de un año a otro en régimen de precipitación. La T^a media es de 27° C y la precipitación media es de 720 mm. Dos estaciones secas ocurren en la cuenca de Pedernales: una de noviembre a abril y otra en junio-julio, siendo el período comprendido entre agosto y octubre el de mayor precipitación. En la sierra, por razones de altitud, presenta temperaturas menores, pero es similar el régimen pluviométrico descrito. Las máximas de lluvias se registran en el Hoyo de Pelempito, (Sierra de Bahoruco), que pueden llegar hasta 4.000 mm en un año.

El régimen de precipitaciones en la República Dominicana está gobernado por la acción de los vientos alisios. Las lluvias que caen provienen del agua que se evapora en el océano Atlántico, no del agua del mar Caribe. Este mar solamente produce lluvias de importancia sobre el territorio nacional cuando se presenta algún ciclón o huracán. A medida que los vientos alisios van cruzando las montañas y zonas cordilleras, van descargando las lluvias. De este modo, cuanto más larga es la distancia recorrida, menor es el vapor de agua que queda en los cúmulos nubosos. La sequía avanza en dos direcciones: de Este a Oeste y de Norte a Sur.

Los **suelos** tropicales tienen la importante propiedad del intenso grado de alteración de sus rocas-madre. Esto se debe a la gran intensidad de descomposición de la roca a causa

del gran calor y humedad. Estos suelos han desarrollado a mucha profundidad debido a la ausencia de las glaciaciones del Cuaternario y a la protección de los bosques.

Los estudios de 1967 llevados a cabo por la OEA, solamente decían que la mayoría de los suelos del territorio donde se ubica ahora la reserva de la biosfera están todos sobre calizas, exceptuando las áreas de las cotas más bajas de la cuenca del río Pedernales que corresponderían a suelos aluviales recientes, llamadas ciénagas costeras. En ese trabajo se aportan como unidades las asociaciones que adoptan los nombres locales del lugar en que se han estudiado, sin ningún tipo de clasificación sistemática. No obstante, es un buen aporte descriptivo, fruto de una observación pormenorizada de todo el territorio. Un segundo estudio relativo a los suelos fue realizado en 1985 dentro del Proyecto MARENA por el *Departamento de Inventario y Ordenamiento de los Recursos Naturales de la Subsecretaría de Recursos Naturales, Secretaría de Estado de Agricultura de República Dominicana*. Este trabajo recibió el título de "*Características de los suelos de la República Dominicana por URP y ASDS*". Se empleó como clasificación sistemática la Norteamericana Soil Taxonomy. El estudio de síntesis realizado por Cámara (1987) está basado en estos dos trabajos, aportando una cartografía de escala 1:250000, basada en los suelos dominantes.

Toda esta cartografía ha sido consultada por nosotros, así como sus tablas explicativas, en las que junto a la taxonomía se aporta para cada tipo de suelo su localización, sus características edáficas, su posición topográfica, el substrato, régimen climático en el que se encuentran situadas, las formaciones vegetales que le acompañan, su aprovechamiento antrópico y los suelos que aparecen asociados.

Considerando la documentación sobre los grandes conjuntos morfoedáficos de la República Dominicana, podemos decir que en el territorio de estudio pueden encontrarse los siguientes tipos de suelos que señalamos a continuación.

Sobre substrato calizo terciario en la sierra de Bahoruco, se encuentran *Cambisoles eútricos* (son aquellos que presentan un horizonte A ócrico y saturación en bases de más del 50% entre los 20-25 cm superiores, pero sin llegar a ser suelos calcáreos). Las condiciones ambientales son húmedas y subhúmedas y se ha dicho que su aprovechamiento es para cultivos arbóreos y cultivos de subsistencia, como el maíz. En el parque Jaragua se encuentran *Aridisoles* según la Soil Taxonomy, suelos propios de las regiones secas o áridas. Los horizontes de diagnóstico son epipedones ócricos, arcilloso con < del 35 % de arcilla, cámbrico, con yeso cálcico, petrocálcico o duripán. En las zonas tropicales semiáridas están bordeados por *Alfisoles* forestales (*Luvisoles* de la FAO). Muchos de ellos no están muy evolucionados y se clasifican como *Entisoles* (relacionados con los *Leptosoles*, *Fluvisoles* y *Regosoles* de la FAO) Podríamos precisar incluso diciendo, que la mayoría de los suelos correspondientes al Parque Jaragua y zona baja de la cuenca del río Pedernales son de tipo *Entisoles* (*Leptosoles*, FAO), y los localizados alrededor de Oviedo, Juancho y La Colonia, son *Aridisoles* (Soil Taxonomy). Los suelos correspondientes a la sierra de Bahoruco y zonas alta y media de la cuenca del río Pedernales, quedarían clasificados como *Ultisoles*, según la OEA (1967), o de carácter ácido y *Cambisoles eutricos* (según la terminología de la FAO). Podríamos hablar incluso, de suelos aluviales en la parte alta del municipio de Pedernales.

Las condiciones de los suelos ofrecen oportunidad para cultivos perennes (vocación forestal de los suelos). En el área del Parque Jaragua, la formación de los suelos está relacionada con el sustrato geológico calizo donde se producen los fenómenos kársticos, relacionados con la variedad de la roca madre y las condiciones microclimáticas locales. Los suelos son arcillosos, de color rojo, que llenan las cavidades y fisuras del *Lapiaz cárstico*, que se origina por la acción corrosiva del agua sobre rocas calizas duras. Esto

da lugar a suelos discontinuos, a modo de parche o mosaico, apareciendo grandes extensiones de la roca caliza desnuda. En gran parte, los suelos son poco profundos. En las cañadas y fisuras profundas se forman bolsones de *Luvsoles crómicos* (FAO) o *Chromic rodhoseralf* (Soil Taxonomy), donde disminuye el proceso de rubificación debido a la humedad, dejando un suelo de color pardo.

Se han desarrollado suelos de aluvión en los llanos costeros, asociados a lagunas, ciénagas y charcas temporales. Estos suelos son areno-arcillosos, cuya textura y color varían según el predominio de calcio y sodio, y están sometidos a inundaciones temporales. En las playas los suelos son arenosos.

3.2 Unidades Paisajísticas

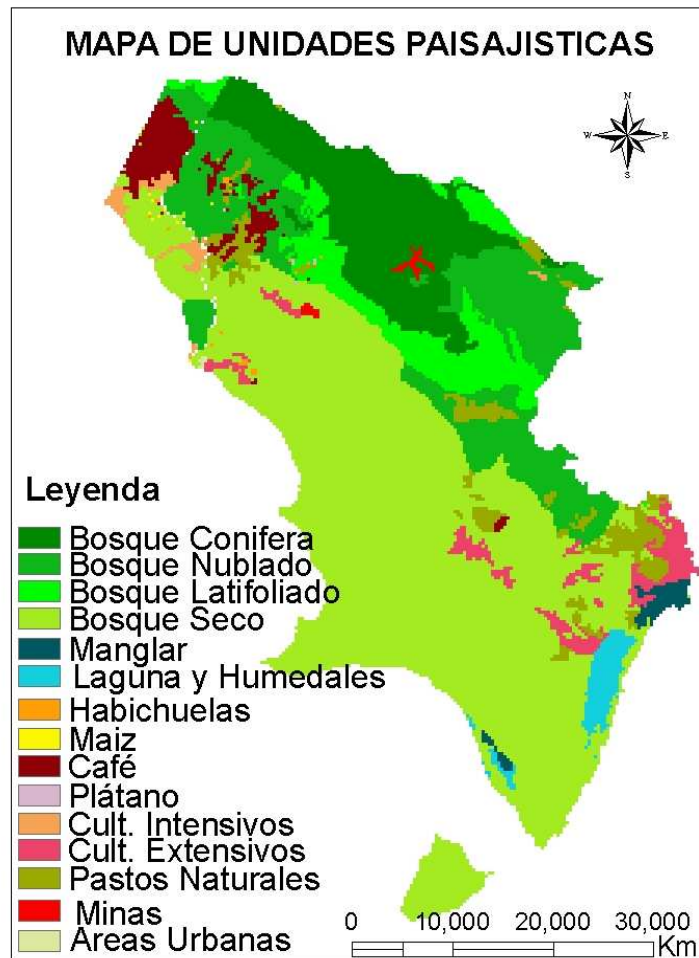
El paisaje actual constituye la etapa final de la historia geológica, geomorfológica, climática, botánica y antrópica de una determinada región. Los componentes paisajísticos que se integran en lo que podemos denominar unidades paisajísticas, que son las que pueden ser reconocidas fácilmente. En ellas, la vegetación y el relieve cobran mayor o menor protagonismo según los diferentes sectores del territorio. El resto de los componentes (litología, suelos, hidrología y clima), introducen variaciones que determinan ciertas peculiaridades que nos ayudan a una mejor interpretación científica de lo que percibimos de un paisaje. El paisaje vegetal del territorio incluyendo sus principales ecosistemas es objeto de este epígrafe.

La altitud es el factor ambiental que determina variaciones climáticas contrastadas y que se reflejan en la amplia gama de formaciones vegetales, que van desde el bosque seco a nivel del mar, hasta los bosques húmedos en el interior de la sierra de Bahoruco. Desde los 1800 m, la vegetación dominante es el pinar sobre un sustrato carbonatado. Este es un fenómeno único en el Caribe, porque en casi todos los ambientes dominados por coníferas y, en particular por el pino, los suelos poseen un pH ácido, pero en este caso, por ser un suelo formado encima de cocas calizas, el pH es alcalino.

Las comunidades vegetales definidas como bosques incluyen desde las extensiones de coníferas a bosques latifoliados o secos, hasta los manglares, (figura 3). Dado que las terminologías utilizadas para la designación de las unidades de vegetación no es homogénea en el país dominicano, lo que todavía provoca conflicto entre los investigadores dependiendo de las diferentes escuelas del saber científico, a continuación pasamos a describir las unidades paisajísticas que pueden reconocerse en el territorio de estudio. La nomenclatura y terminología seguida es la correspondiente al “Inventario de la Vegetación y Uso de la Tierra en la República Dominicana”, publicado por el Jardín Botánico de Santo Domingo, (Tolentino y Peña, 1998), ya que ha sido realizado mediante la utilización de sensores remotos (imágenes y fotografías) y el uso de los sistemas de información geográfica (SIG) que proporcionan un medio adecuado de cuantificación y delimitación geográfica de las diferentes tipos de vegetación natural que existen en la República Dominicana

En la categoría de vegetación que denominamos *bosque* predominan especies de árboles con alturas mayores de 5 m y densidad variable: un bosque denso tiene entre un 60 - 100% de cobertura arbórea y un bosque abierto entre 40 y 60%. Esta categoría está representada en cuatro tipos de ecosistemas: bosque de coníferas, que puede ser de conífera denso y conífera abierto; bosque latifoliado, categoría que abarca al bosque latifoliado nublado; bosque seco y bosque de humedales, incluyendo estos los bosques de humedales salobres o manglares, temporalmente inundados.

Figura 3. Mapa de la vegetación y usos del territorio de estudio



A continuación pasamos a considerar algunas características correspondientes a estas unidades paisajísticas, siguiendo la terminología referida. No obstante, se muestra en la tabla 2 las correspondencias terminológicas utilizadas por otros autores.

a) *Bosque de Coníferas Denso y Abierto.* En esta categoría se agrupan las áreas con dominancia de pino, en forma pura o mezclada con especies de hojas anchas; en este último caso nos referimos al denominado bosque mixto.

Los bosques de pino se encuentran a elevaciones entre los 800 y 3.085 metros, con pluviometría superior a los 1000 mm anuales y temperatura variable de 0 a 27° C. La composición de los estratos arbustivos y herbáceos varían dependiendo del sustrato concreto, la humedad del lugar y su localización. La zona más extensa del bosque de pino denso en la república Dominicana se encuentra en la Cordillera Central, en alturas por encima de los 2.000 m La densidad de los pinares va disminuyendo a medida que se desciende hacia la parte media de la Cordillera Central, principalmente en las vertientes Sur y Suroeste, y en las proximidades a la frontera con Haití como es el caso de Pedernales, donde estos bosques son más abiertos. En esta región Suroeste, la distribución de pino denso se enmarca en la parte alta de la Sierra de Bahoruco, limitando con las unidades de bosques

latifoliados y en algunos lugares, hacia el norte y el este, con el bosque seco y matorral seco respectivamente.

Tanto en el bosque de conífera denso como abierto, el *Pinus occidentalis* o pino criollo, es la especie que domina el estrato arbóreo y en el estrato herbáceo se puede ver *Agave brevispina* y distintas especies de *Andropogon* (una gramínea conocida vulgarmente como pajón) y el “aceitillo” (otra gramínea cuyo nombre científico es *Schizachyrium gracille*).

b) Bosque Latifoliado. Este ecosistema comprende a las comunidades vegetales donde predomina la mezcla de especies de hojas anchas, que va desde los conocidos como bosques tropicales semihúmedos (en transición), hasta los “bosques nublados”.

Al sur de la ciudad de Oviedo y el Parque Nacional Jaragua, bordeado por el bosque seco, puede percibirse el “bosque latifoliado semihúmedo” y también podemos encontrar estas formaciones en la vertiente sur de la Sierra de Bahoruco, teniendo como límite superior los bosques latifoliados húmedos y pinares abiertos y, en su límite inferior, el bosque seco y latifoliado húmedo. Las condiciones físicas y ambientales donde se desarrolla el bosque latifoliado semihúmedo le permiten tener una composición florística rica y variada, que incluye especies de los bosques latifoliado húmedo y seco, que comúnmente lo delimitan. La densidad arbórea del bosque latifoliado es algo mayor del 60%. Podemos citar como especies de este tipo de bosque a *Bursera simaruba* (palo mulato, indio desnudo) que es un árbol de hasta 25 m de altura, pero que se adapta muy bien a suelos salinos o calcáreos; es también muy tolerante a los vientos, con lo que ayuda contra los huracanes en esta zona. Otro árbol de este ecosistema es la caoba (*Swietenia mahagoni*).

Estos bosques son los más alterados por el hombre y en la República Dominicana son difíciles de encontrar en estado puro, estando sustituidos por la formación posterior de degradación. Si son talados y quemados, se desarrolla una formación conocida como “la bejuquera” en la sucesión secundaria y si es quemado después de talado, se desarrolla una vegetación similar al bosque tropical húmedo, siempre que no se utilice para usos agrícolas.

El “**bosque latifoliado nublado**” o simplemente “bosque nublado” constituye la más rara formación forestal de las regiones tropicales del planeta. Este ecosistema de República Dominicana es prácticamente único en las Antillas, al menos en donde encuentra mayor extensión. Se presenta en zonas montañosas (entre 600 a 2300 m) distantes entre sí en este país, con pluviometría de 1,700 a 4,000 mm y temperatura de 20 a 25° C. Su nombre se debe a su posición en áreas de exposición a los vientos, donde ocurre un proceso de condensación del vapor de agua y formación de nubes gran parte del año. En la sierra de Bahoruco se presenta en las laderas norte y sur, limitando con los bosques de pino denso. En algunos casos estas unidades paisajísticas se confunden o parecen estar asociadas, ya que se desarrollan en condiciones ecológicas similares. No obstante, se caracteriza este bosque porque se encuentra siempre en las zonas altas de montañas donde las nubes se condensan frecuentemente y provocan condiciones muy húmedas. Esta zona de condensación comienza en la vertiente sur a una altura más baja (1.200 m aproximadamente) que en la vertiente norte.

Los bosques nublados constituyen los ecosistemas más frágiles e importantes para la protección de la biodiversidad. El estrato arbóreo tiene una densidad mayor de 80% y las especies dominantes varían según el lugar en que aparecen. Podemos encontrar una conífera como *Podocarpus aristulatus*, común en las islas del Caribe, magnolias (*Magnolia pallescens* y *Magnolia hamori*), *Brunellia comocladifolia* (palo de cotorra)

y numerosas especies epífitas/lianas asociadas a los árboles. Pero también podrán observarse algas, líquenes, musgos, hepáticas, orquídeas o bromelias.

Tabla 2. Correspondencia terminológica relativa a los bosques.

Sistema Holdridge (1987)	Sistema climático Köppen	Régimen ecodinámico bosques	Localización en Pedernales
BOSQUE MUY HÚMEDO SUBTROPICAL	Pluviisilva de litoral	Ombrofilo: régimen tropical hiperhúmedo y húmedo, en el que el déficit hídrico es inexistente o muy corto. Se sitúa en el piso bioclimático Termo-Antillano-Hiperhúmedo.	NE de la sierra de Bahoruco Bosquesnublado y de pino
BOSQUE HÚMEDO SUBTROPICAL	Clima tropical monzónico	Mesófilo = Bosques semidecíduos Régimen tropical húmedo que puede presentar excedente de humedad, pero en que el período de déficit hídrico es importante. Se sitúa en el piso bioclimático Termo-Antillano-Húmedo.	E de la sierra de Bahoruco. Bosque latifoliado
BOSQUE SECO SUBTROPICAL	Clima tropical estaciones contrastadas	Tropófilo = Bosque espinoso de hoja caduca y sabanas arbustivas espinodsas Régimen tropical Subhúmedo. Piso bioclimático Termo -Antillano-Súhúmedo	Península Jaragua Bosque seco
MATORRAL ESPINOSO SUBTROPICAL	Clima seco de estepa cálida	Xerófilo = Arbustos espinosos y cactáceas Período de sequía con paralización vegetativa. Pisos bioclimáticos Infra-antillano y Termo-Atillano seco	SW de Jaragua Bosque seco espinoso

A este tipo de bosque se le conoce también como “bosque mesófilo de montaña” por otros autores. Realmente constituye uno de los escenarios naturales más bellos. Pero este bosque de niebla ha desaparecido en gran parte de su zona de distribución en el continente latinoamericano debido principalmente al cultivo del café y a su utilización para pasto de ganadería extensiva, como puede ser el caso en la cuenca alta del río Pedernales. El efecto de esta deforestación se traduce en erosión del suelo, una mayor pobreza rural y, ocasiona, lógicamente pérdida reversible de especies vegetales y animales.

c) Bosque Seco. Está compuesto por especies de árboles semidecíduos, que crecen en zonas de menos de 500 m de altitud con T^a media de 26 a 28° C y precipitaciones de 500 a 800 mm de media anual. La evapotranspiración potencial en el bosque seco excede los niveles de precipitación entre 8 y 10 meses cada año. Es la formación vegetal que ha dado lugar al Parque Nacional Jaragua en la provincia de Pedernales. Esta unidad paisajística presenta una densidad arbórea mayor del 60%, con especies que pueden alcanzar entre 5 y 12 m de altura.

Está considerado este “bosque tropical seco” como el de mayor cobertura dentro de la categoría de bosques en República Dominicana, ocupando el 27,72 % del área boscosa del país. Sin embargo, las mayores extensiones de este bosque se encuentran precisamente en esta reserva de la Biosfera: en la parte norte (Puerto Escondido) y en la zona central de la provincia de Pedernales (Hoyo de Pelempito).

El término "bosque seco" se debe entender como un conjunto de asociaciones diferentes de vegetación, incluyendo diferentes tipos de bosques naturales, como el de "Baitoa" (*Phyllostylon brasiliensis*), una especie de olmo dominante, cuya madera se utiliza para la fabricación de muebles. Pero también reciben esta denominación los bosques muy perturbados con dominancia de *Prosopis juliflora* (bayahonda o cambrón), y/o *Acacia macracantha*; estas dos especies de mimosáceas arbóreas (subfamilia botánica de la

fabáceas o leguminosas), son importantes porque en sus raíces viven en simbiosis bacterias del género *Rhizobium* formando los nódulos característicos que son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico al suelo. *P. juliflora* es una especie pionera de la sucesión ecológica, colonizadora muy considerada para procesos de regeneración y recuperación del bosque seco, porque facilita el establecimiento de otras especies vegetales; además puede soportar fuertes vientos y tolera suelos salinos, compactos y pedregosos. En el estrato herbáceo aparecen dos especies, *Commelina sp* y *Agave antillarum*.

El bosque seco puede ser más espinoso, siendo particularmente importante el que puede observarse entre Cabo Rojo y Bahía de la Águilas. En este ecosistema son importantes las plantas de la familia de las cactáceas, como el cayuco (*Pilosocereus polygonus*) o la alpargata (*Consolea moniliformis*), entre otros cactus. Pero también puede encontrarse una transición, el *bosque semi-seco*, que se encuentra en alturas entre 110 y 890 m, donde hay una sequía anual de alrededor de tres meses.

Los bosques tropicales secos han sido sometidos durante décadas al impacto humano, especialmente para usos agrícolas con riego y para deposición de residuos sólidos urbanos.

d) Bosques de Humedales, distribuidos en humedales salobres o manglares (temporalmente inundados y permanentemente inundados) y bosque de humedales de agua dulce. En la zona comprendida en esta reserva solamente tenemos la categoría de “Bosques de Humedales Salobres Temporalmente Inundados (manglares de tierra firme)”. Se encuentran a orillas de la laguna de Oviedo, con presencia de sales disueltas, teniendo agua solamente durante las épocas lluviosas y se desarrollan en zonas con pluviometría entre 600 a 2.000 mm de media anual, por debajo de los 20 m sobre el nivel del mar, y con una Tª media de 20 a 32° C.

Estos ecosistemas se caracterizan por tener especies vegetales de una altura comprendida entre 5 y 20 m y una densidad entre 70 y 85 % de cobertura. En los estratos arbóreo y arbustivo solamente abunda la especie *Conocarpus erectus*, pudiendo aparecer la especie *Avicennia germinans*. Casi no hay herbáceas, pero aparece *Batis marítima* (la saladilla)

Los bosques de humedales salobres permanentemente inundados se desarrollan a lo largo de las zonas costeras y áreas aledañas a las desembocaduras de ríos y orillas de lagos y lagunas costeras con intrusión salina, sobre suelos poco consolidados debido a la humedad y de análogas características ambientales descritas anteriormente. Lógicamente, están compuestos por plantas adaptadas a ambientes inundados. Las áreas de manglares que encontramos se ubican en Cabo Rojo, en la costa Suroeste del Parque Nacional Jaragua, y al Noreste de la Laguna de Oviedo.

Además de los bosques, otras unidades de paisaje son los **Matorrales de Humedales Salobres**. La denominación de “matorral” agrupa las comunidades vegetales compuestas por especies arbustivas y especies arbóreas, que crecen en áreas en proceso de regeneración natural resultante del talado de los bosques, o cuando las condiciones ambientales y/o del sustrato geológico limitan su desarrollo. Alcanzan una altura máxima de 5 m y se pueden encontrar en diversos ambientes (secos, húmedos, o de áreas especiales como son los manglares). Esta unidad paisajística se encuentra en la bahía de Manzanillo, al Noreste de la Laguna de Oviedo, en el tramo costero Cabo Rojo-Pedernales. Se presenta en suelos rojizos, pobremente drenados. Abundan las especies de mangle prieto (*Conocarpus erectus*) y mangle amarillo o blanco (*Laguncularia racemosa*), con una altura máxima de 2 m y una densidad total de cobertura de 80%. Presente se encuentran el mangle rojo (*Rizophora mangle*), y en el estrato herbáceo *Batis marítima*.

En el Inventario de la Vegetación y Uso de la Tierra en la República Dominicana (Tolentino y Peña, 1998), se habla de las *Sabanas* como otra de las clases de vegetación en este país, caracterizadas según estos botánicos por presentar una cobertura vegetal compuesta por gramíneas, frecuentemente en forma de pajones, con ausencia de árboles o matorrales. De los tres tipos de sabanas identificados por dichos autores en el territorio de Pedernales no se encuentra ninguna de ellas. Sin embargo, los geógrafos españoles, Cámara et al., (2006), aunque mencionan el trabajo anterior referido, no se adecuan a la terminología y clasificación de las sabanas según los autores dominicanos. Precisamente por ello y, teniendo en cuenta la dispersión de vocabulario encontrada generalmente en relación a la vegetación, se expone en la tabla 1 la correspondencia terminológica entre varias denominaciones al respecto.

La sabana es una formación prototípica tropical; así aunque el dominio continental en la zona tropical es el correspondiente a los bosques (ombrófilo, mesófilo, tropófilo y xerófilo), se reconoce a esta formación como un ecosistema adaptado a un régimen bioclimático estacional húmedo-seco, protagonizado por una formación herbácea constituida por gramíneas heliófilas y, a veces, por árboles y arbustos de talla y proporción media, aunque variable (Cámara et al., 2006). Según la clasificación mostrada por estos autores, en el territorio de estudio podemos observar tres tipos de ellas:

- *Sabana herbácea* de la llanura de Sansón, al NW de la población de Oviedo, en la provincia de Pedernales. Desarrollada sobre un cono de deyección, presenta un estrato herbáceo de cobertura continua, con *Andropogon* sp. y pies arbóreos dispersos de *Prosopis juliflora* (cambrón). La ausencia de drenaje favorece el encharcamiento durante el escaso período de excedente hídrico.

- *Sabana arbolada y arbustiva espinosa termófila* reconocible en la península de Jaragua sobre calizas kársticas en el piedemonte meridional de la sierra de Bahoruco. Predominan las plantas espinosas como el cayuco (*Lemacireocereus hystrix*), magüey (*Agrave antillanum* y *A. americana*), especies arbóreas y arbustos deciduos sobre las perennifolias, entre las que se encuentra el cambrón, con una cubierta herbácea de *Panicum* sp.

- *Sabana boscosa*, también identificada en la Península de Jaragua, sobre terrazas coralinas, mezclada con bosque tropófilo.

También pueden percibirse *áreas de escasa vegetación o erosionadas*. En esta categoría paisajística la vegetación y/o la superficie del suelo han sido removidas por efecto de las precipitaciones, escorrentía superficial del agua, el viento o por la acción del hombre. Incluye zonas de explotación minera a cielo abierto, vegetación escasa sobre rocas calcáreas o arenas (dunas y playas), y zonas con problemas de erosión. Se percibe especialmente en Cabo Rojo. Y la *agricultura trashumante*: la tumba y quema, el concunismo o roza (*conuco* = parcela de cultivo para cada familia), fueron las prácticas utilizadas por los aborígenes de la isla. Pero fueron unas prácticas de menor impacto para el medioambiente y la biodiversidad propia de las regiones tropicales del planeta, comparadas con el monocultivo posterior. Tales usos implicaban el corte parcial o total, de la vegetación del sitio. Después de dos o tres cosechas, el área era abandonada o dejada en barbecho, periodo en el cual se recupera la vegetación natural, dado el caso que si no se vuelve a desmontar, el bosque natural se regenera totalmente.

En relación a especies vegetales endémicas en el área de estudio, hay que citar *Haitiella ekmanii* (Guanito). Esta es la única que se encuentra en abundancia dentro del Parque Nacional Jaragua, en la unidad de matorral seco abierto, a 180 m sobre el nivel del mar, y que puede apreciarse en el extremo noroccidental del parque, entre la loma Las Cabras y la carretera Oviedo- Pedernales. El guayacán (*Guaiacum officinale*) y el

guayacancillo (*Guaiacum sanctum*), especies nativas, tienen una presencia limitada tanto en el estrato arbóreo como arbustivo en toda la zona fronteriza, con excepción de las áreas protegidas en los parques nacionales Sierra de Bahoruco y Jaragua.

La última unidad paisajística de este territorio y que también forma parte de la reserva de la biosfera dominicana es la **Laguna de Oviedo**. Es el segundo en tamaño de los cuerpos de aguas lénticas del país dominicano. Se encuentra ubicada en el Parque Nacional Jaragua. Tiene una superficie de 27 Km². Es hipersalina, pero menos que el Lago Enriquillo, y tiene una profundidad de 1,5 m. Está separada del mar Caribe por una estrecha franja de arena y alberga unos 24 cayos y otros ecosistemas donde sobresalen los saladares, los manglares y bosque costero con una gran diversidad de plantas y animales, según Hierro y León (1998). Le corresponde un clima semiárido, con pocas lluvias en el año y temperaturas medias de los 26° C. El suelo que rodea a la laguna es arenoso y en él crece el mangle botón (*Conocarpus erectus*) y la “saladilla” (*Batis maritima*)

3.3 Características generales de la cuenca hidrográfica del río Pedernales

En este epígrafe se expone una breve reseña del enmarque de la cuenca hidrográfica que estudiamos dentro del contexto del país dominicano.

La Isla Hispaniola, la segunda en extensión de las Antillas Mayores (76,430 km²), es una isla montañosa alargada de Este a Oeste, bordeada al Norte por el Océano Atlántico, al Sur por el Mar Caribe y caracterizada por una estrecha plataforma con pendientes abruptas en su talud insular. El territorio es compartido por dos países: República Dominicana al Este y la República de Haití, localizada en el tercio montañoso Oeste. En un mosaico de condiciones ambientales se desarrolla una exuberante y diversa fauna y flora marina. Además, la zona costera drenan las aguas de 108 redes fluviales independientes (de la Fuente, 1976) divididas, según OEA (1967), en catorce cuencas y zonas hidrológicas aportando un volumen estimado superior a los 15,204 millones de m³/año. De éstas, solo cinco de ellas se consideran grandes cuencas fluviales. Ellas son las de los Ríos Artibonito, Yuna, Ozama, Yaque del Norte y Yaque del Sur.

La definición y clasificación general de cuencas hidrográficas empleada actualmente en la República Dominicana (según INDHRI, Reporte Final), así como otras definiciones relacionadas con las interrelaciones de la cuenca y la zona costera provienen de la Agencia Norteamericana EPA, han conducido al INDHRI a dar una nueva definición de la cuenca hidrográfica: “es el área geográfica en la cual todos los recursos de agua, incluyendo lagos, lagunas, ríos, estuarios y humedales, así como el agua subterránea drenan a un cuerpo de agua común. Dado que la cuenca se define por su hidrología natural y tiene como destino final a la zona costera, deviene en un excelente punto focal para el manejo de los recursos costeros, según este organismo dominicano. Esta definición permite contemplar la cuenca del río Pedernales (figura 4 y tabla 2) en el contexto de las demás cuencas hidrográficas dominicanas.

La relación general superficie terrestre de áreas protegidas/superficie de la cuenca hidrográfica (SAP/SCH) tuvo sus mayores valores en las cuencas con Áreas Protegidas extensas, en particular Parques Nacionales, aunque en esta relación influye la extensión de la propia cuenca (tabla 3).

La deforestación y su relación con la sedimentación en las cuencas hidrográficas es el único impacto antrópico señalado en el citado documento dominicano, siendo el primero de ellos el solo constatado para el caso de la cuenca del río Pedernales. Los estudios sobre problemas de deforestación y sus impactos sobre los bosques, y consecuentemente sobre los recursos de las cuencas hidrográficas a ellos asociados, son abundantes. Sin embargo, como se reconoce en este documento, la mayor parte de estas

apreciaciones son de carácter cualitativo y eventual por lo que la información cuantitativa y sistemática, necesaria para establecer regularidades y tendencias en el proceso de deforestación en las diferentes cuencas del país, está limitada a algunos reconocimientos y supuestos inventarios de los recursos boscosos realizados en los últimos 30 años.

Figura 4. Localización de la provincia y cuenca (zona 1 de la Sierra de Bahoruco) según cartografía disponible en Internet

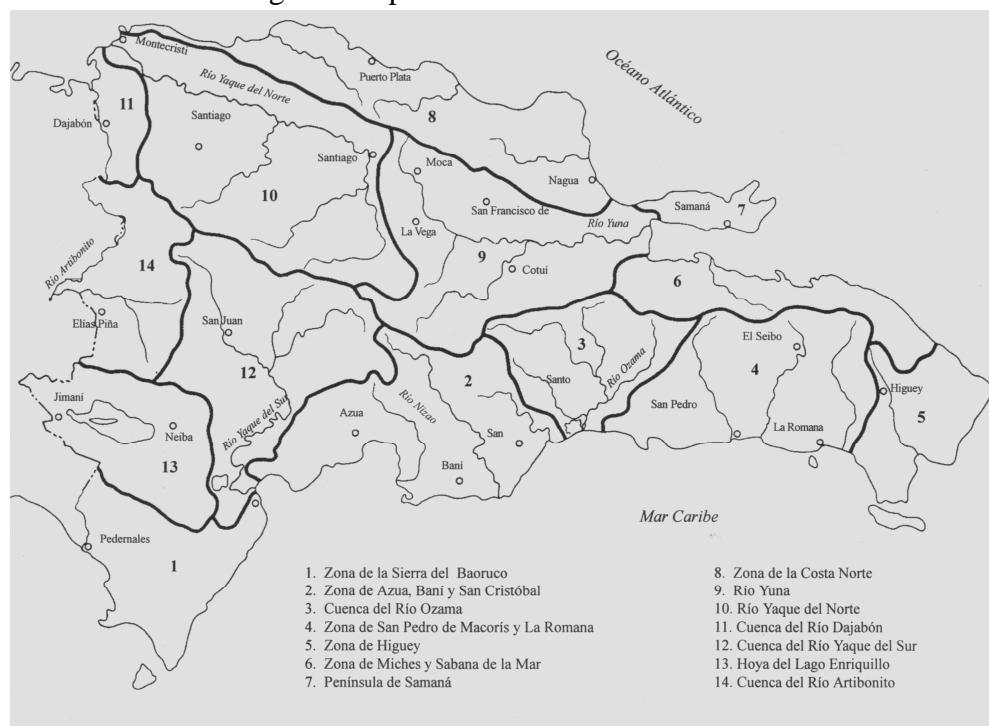


Tabla 3. Nueva subdivisión de regiones y cuencas hidrográficas de la República Dominicana (según INDHRI).

Regiones hidrográficas	Cuencas
Península Oriental	Ozama, Higuamo, Soco, Cumayasa, Chavón, Yuma, Maimón, Yabón
Costa Sur	Haina, Nigua, Nizao, Baní, Ocoa, Jura, Tabara
Yaque del Sur	Las Cuevas, Grande, yaque del Sur, Mijo, San Juan
Procurrente de Barahona	Nazito y Pedernales
Artibonito-Macasia	Macasía y Artibonito
Yaque del Norte	Yaque del Norte, Bao, Amina, Mao, Cana y Guayubín
Yuna	Yuna y Camú
Costa Atlántica	Boba, Bauí, Yásica y Bajabónico
Hoya de Enriquillo	No presenta desarrollo hidrológico a nivel de cuenca o subcuenca
Sectores especiales	Península de Samaná, Cuenca del Río Chacuey, Cuenca del Río Masacre, Miches y Sabana de la Mar

Tabla 4. Relación general superficie terrestre de áreas protegidas/superficie de la cuenca hidrográfica (SAP/SCH) de Pedernales

Cuenca hidrográfica	Áreas Protegidas	Relación SAP/SC H*
Zona de la Sierra del Bahoruco	PN: Jaragua, Sierra del Bahoruco/ RB: Miguel Domingo Fuertes / MN: Las Caobas/ VP: Aceitillar, Mirador del Paraíso, Cabral-Polo	72.9

Al revisar los resultados de estos estudios, existen obvias diferencias que hacen difícil la evaluación de cambios en la cobertura vegetal como indicador de problemas de deforestación en las cuencas hidrográficas dominicanas. El empleo de diferentes definiciones del bosque (en cuanto a la altura de su dosel), distintas metodologías de estudio, los cambios de escalas para la presentación de los datos, criterios diversos para la interpretación de la cobertura y el uso de distintas categorías y clasificaciones, son factores que hacen difícil estandarizar los resultados en la búsqueda de patrones y regularidades. A ello hay que agregar que dichas evaluaciones han tenido tradicionalmente un enfoque más forestal que ecológico, por lo que su objetivo central han sido los bosques de importancia económica (pinares, latifoliados), quedando relegados otros bosques nativos de importancia (bosques secos, y húmedales), por su extensión de superficie y su biodiversidad (PNUD, 2000).

Tabla 5. Subdivisión y características principales de las cuencas hidrográficas de la República Dominicana (según OEA, 1967).

Cuencas hidrográficas	Superficie (km ²)	Principales cuerpos de agua	Precipitación (mm/anuales)	Caudal m ³ /año
1. Zona de la Sierra Barohuco	2814	Pedernales	750-2000	320x10⁶
2. Zona de Azua, Baní y San Cristóbal	4460	Haina, Nigua, Nizao, Ocoa	750-2250	1516x10 ⁶
3. Cuenca del Río Ozama	2706	Ozama	1400-2250	1586x10 ⁶
4. San Pedro de Macoris y La Romana	4629	Cumayasa, Soco, Macorís	1000-2250	2444x10 ⁶
5. Zona de Higüey	2207	Yuma	1000-1750	609x10 ⁶
6. Zona de Miches y Sabana de la Mar	2265	Yabón, Nisibón	2000-2700	1284x10 ⁶
7. Zona de la Costa Norte	4266	Nagua, San Juan, Yásica	1000-2300	-
8. Cuenca del Río Yuna	5630	Yuna	1170-2250	2375x10 ⁶
9 Cuenca del Río Yaque del Norte	7053	Yaque del Norte	500-2000	2017x10 ⁶
10. Cuenca del Río Dajabón	858	Dajabón	750-2000	370x10 ⁶
11. Cuenca del Río Yaque del Sur	5345	Yaque del Sur	700-1500	1181x10 ⁶
12. Hoya del Lago Enriquillo	3048	Lago Enriquillo	600-1200	312x10 ⁶
13. Cuenca del Río Artibonito	2643	Artibonito	1200-2000	1190x10 ⁶

Se ha reconocido que la deforestación ha sido la causa más importante de alteración de los hábitats naturales del país dominicano y como resultado, de los problemas que afectan los recursos naturales especialmente el agua y los suelos (PNUD, 2000). Desde 1900, cuando se estimaba que cerca de un 80% del país estaba cubierto por bosques, la cubierta vegetal ha ido disminuyendo progresivamente en un 69% ya en 1940, teniendo como causas básicas las plantaciones de monocultivo y de pastos para ganado.

Las demandas generales sobre las cuencas hidrográficas y sus recursos de agua dulce se manifiestan de manera diferente en cada cuenca, según sus recursos disponibles y no existe información que permita valorar en conjunto el valor de cada uno de estos usos a

una escala global y/o particular en cada una de las cuencas. Históricamente la explotación del *recurso agua* se ha centrado más en las aguas superficiales debido a su abundancia. Se estima que las lluvias para el país es de 1.400 mm/año, variando entre 2.000 mm/año en la costa atlántica, debido al efecto orográfico causado por los vientos Alisios sobre la Cordillera Central y 800 mm/año en las regiones Noroeste y Suroeste. Véase en la tabla 4 que nos encontramos en la cuenca con menor caudal en este país. En la figura 5 se muestra un mapa con la sequía en la misma. Una proporción de las lluvias son absorbidos para recarga de las aguas subterráneas. Pero un factor que ha promovido el mayor consumo de agua de fuentes superficiales, es el nivel de dureza de las aguas subterráneas ricas en sales disueltas principalmente calcio y magnesio, las cuales tienen un alto costo para su remoción, comparado con los tratamientos regulares a aguas superficiales, para lograr un nivel de dureza aceptable (menos de 150 ppm según el documento citado), aunque no se encuentran datos cuantitativos respecto a la composición de estas aguas.

Las políticas de tenencia, uso y acceso a la tierra influyen de manera determinante la sostenibilidad de las cuencas, por lo que este factor se convierte en uno de los aspectos más importantes para su manejo. En tal sentido es necesario tener un panorama de la identificación y cuantificación de los cambios espaciales y temporales que ha sufrido el uso de la tierra, para determinar con precisión sus tendencias. La inconsistencia y discrepancia entre las fuentes de información disponibles desde 1980 al presente, hace difícil esta tarea. No obstante, los datos revisados al respecto parecen señalar que sigue habiendo casi un 57% de actividad agrícola en las cuencas dominicanas, por encima del 33% en que se ha estimado la potencialidad agrícola en el país. Así, parte de los terrenos en laderas se encuentran con cultivos permanentes como el café. La superficie total dedicada a pastos continúa ocupando áreas extensas en las cuencas, por lo que la República Dominicana se encuentra entre los países latinoamericanos y caribeños con mayor proporción de praderas permanentes, (un 43.2 % citado en 1994).

El mismo informe del INDHRI citado menciona sin datos cuantitativos que el principal problema de salud asociado al manejo de las cuencas dominicanas lo constituye la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, que deben servir para el uso humano. Se dice también que en las zonas rurales inciden particularmente la contaminación por sedimentos, desechos de las actividades humanas y residuos de agroquímicos, pero tampoco se muestran datos al respecto.

Conclusiones

Se ha hecho una puesta a punto de las características geofísicas y de las unidades de paisaje del territorio de Pedernales, aportando nomenclaturas actualizadas y cartografía propia sobre la base de la realizada por la OEA en 1967. Se observan lagunas referentes a datos cuantitativos tanto para suelos como para agua en todo este territorio.

Agradecimientos: Al Proyecto “Reserva de la biosfera *Bahoruco-jaragua-Enriquillo*: investigaciones para una educación ambiental contextualizada, auspiciado por el centro Cultural Poveda de Santo Domingo (2005-2007). También queremos agradecer al profesor edafólogo español Dr. Roquero sus comentarios y toda la documentación original y publicada relativa a la OEA, ya que él fue uno de sus investigadores

Figura 5. Cartografía realizada con datos propios de la cuenca transfronteriza del Pedernales



Referencias bibliográficas

- Alba, J. A., 1997: Espacios naturales y desarrollo. En David Rivas. *Sustentabilidad, desarrollo económico, Medioambiente y Biodiversidad*. Parteluz, Madrid
- Alba, A. J. 2001, *Cambio climático asociado al parque natural de Somiedo*. Ed. Universidad de Oviedo, España.
- Alpizar, F., Madrigal, R., 2005: Consideraciones Económicas y Sociales en el Desarrollo de un Esquema de Pago por Servicios Ambientales (PSA): Teoría y Práctica. *4th Conference in the Series, Inter-American Scientific Conference Series, Henry A. Wallance, Integrated Management of Environmental Services in Human-Dominated Tropical Landscapes*. Noviembre 1-3, 2005. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Anacafe, 2005: *Evaluación de Servicios Ambientales en el Agrosistema Café en Guatemala*, Aguilar R.M., documento de uso interno, Proyecto SAC, ANACAFÉ-Cooperación inglesa, Guatemala.
- Anaya, M., 1998: *Sistemas de Captación de Agua de Lluvia en América Latina y el Caribe*, IICA, México.
- Arana, G.A., 1992: *Análisis Espacial para Evaluar la Erosión Hídrica en la Subcuenca del Río Pensativo, Guatemala*. Tesis de Magister Scientiae del CATIE, Turrialba, Costa Rica
- Cámara, R. 1997. República Dominicana: Dinámica del medio físico en la región Caribe (geografía física, sabanas y litoral). Aportación al conocimiento de la tropicalidad insular. Tesis doctoral, Universidad de Sevilla
- Cámara, R.; Martínez, J. R. y Díaz del Olmo, F. 2006. *Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente en República Dominicana*. Ed. CSIC-Escuela de Estudios Hispano-americanos, Universidad de Sevilla, España.
- Cuadrat, J.M.; Pita M.F. 1997: *Climatología*, Eds. Cátedra, S. A., Madrid, España.
- Díaz del Olmo et al. 2003. *Plan de ordenación de recursos naturales de la Provincia de Pedernales*. Informe Técnico. ONAPLAN-Araucaria (Proyecto Bahoruco) AECI.
- *Enciclopedia Ilustrada de la República Dominicana (EIRD)*, 2003.- Ed. Eduprogreso, S. A., Santo Domingo
- ESA (Ecological Society of America), 2000. *Servicios de los ecosistemas: Una Introducción de la Sociedad Americana de Ecología*
- Fassbender, H.W., 1995: Modelos Edafológicos de Sistemas Agroforestales, 2ª Ed., Serie *Materiales de Enseñanza no. 29*, CATIE, Turrialba, Costa Rica 530p. ISBN 9977-57-021-3
- Hierro, B.; León, Y. 1998. *Guía para la visitación de la Laguna de Oviedo. Parque Nacional Jaragua*. Ed. Helvetas, Santo Domingo
- Huetting, R., Lucas, Bart De Boer, J.L, Huib. J., 1998: The Concept of Environmental Function and its Valuation. *Ecological Economics* 25 (1): 31-35.
- Holdridge, I. R. 1987. *Ecología basada en las zonas de vida*. IICA, San José de Costa Rica
- Hoppe, J. 1989. *Los Parques Nacionales de la República Dominicana*.
- INDHRI, 2000. *Proyecto Gestión Ambiental para el Manejo Integrado de Cuenca Hidrográficas y Áreas Costeras en Pequeños Estados Insulares del Caribe/ Reporte final de la República Dominicana*.
- Martínez, E. 1990. *Los bosques dominicanos*. Ed. Horizontes de América
- Martínez, J. R.; Cámara, R y Pequero, B. 2005. Cambios decenales (1973-1999) de formaciones vegetales tropicales en laprovincia de Pedernales (República Dominicana). Aplicación de técnicas cartográficas y sensores remotos (Landsat Mss, ETM+). *Resúmenes V Congreso de la biodiversidad caribeña, República Dominicana*
- OEA, 1967. . *Reconocimiento y Evaluación de los recursos naturales de la República*

Dominicana, Unión Panamericana, Washington, DC.

- Secretaría de Estado de Industria y Comercio. Dirección general de Minería. Guía de Inversión. 2001 <http://www.dgm.gov.do./index.htm>
- Tolentino, L. & Peña, M^a. 1998.- Inventario de la vegetación y uso de la tierra en República Dominicana. *Moscosa*, 10: 179-203
- Vádez, G. y Mateo, J. M. 1989. *Sistema de Áreas Protegidas de República Dominicana*. Ed. Dirección Nacional de Parques. Dto. de Parques Naturales, Santo Domingo, R. D.

4. DESARROLLO LOCAL EN LA PROVINCIA DE PEDERNALES

Resumen

Se muestran los rasgos de la provincia de Pedernales (Rep. Dominicana) que la hacen muy adecuada y necesaria para la investigación-acción de la sostenibilidad de las ciudades en el medio rural. Las principales características son: (1) la ubicación de sus municipios y otros asentamientos humanos en las áreas de amortiguamiento de las zonas núcleo de los dos Parques Nacionales de la única Reserva de la Biosfera de la isla caribeña; (2) el más alto nivel de pobreza en el país dominicano (que afecta a un 75% de las familias); (3) constituir una de las principales zonas fronterizas entre la República Dominicana y Haití; (4) ser el área más afectada por los huracanes y tormentas tropicales. Por todo ello, ha hecho que esta zona sea favorable a la implantación de proyectos para su desarrollo, tanto local como humano. Pero la sostenibilidad no pasa solamente por la actuación de técnicos, expertos y científicos que operan en el área de la Reserva de la Biosfera. Tampoco se consigue con charlas cargadas de contenidos con lenguajes poco apropiados para la gente de la zona. Nuestra percepción al respecto, nos llevó a diseñar un primer protocolo encaminado hacia la sostenibilidad de las ciudades de Pedernales. Para ello, desde el Centro Cultural Poveda (CCP) en Santo Domingo, y a lo largo de los últimos cuatro años, hemos realizado los eventos que se describen también en este trabajo: talleres con maestras y maestros acerca de la ecología urbana y demanda éticas; análisis DAFO de las organizaciones sociales y actividades para el fortalecimiento de las mismas; realización de talleres con las organizaciones y con los jóvenes para la percepción e interpretación de los usos del territorio. La investigación de todos los resultados obtenidos está en proceso, pero intuimos algunas conclusiones al respecto.

Introducción

Desde hace menos de dos siglos el impacto sobre el medio ambiente en la isla La Española (Rep. Dominicana y Haití) no proviene solamente de la presión demográfica, sino de la presión de la producción a causa de demandas externas o de desigualdades internas. El análisis histórico realizado en los trabajos de Alexis et al, (2004) y Hernández y Alexis, (2005) muestra las principales causas de la degradación de los ecosistemas en la isla caribeña. El conjunto de todas ellas también se reconocen en la provincia de Pedernales. Y, sin embargo, al estar ubicada en la única Reserva de la Biosfera de la isla (declarada por la UNESCO en 2002), escapa de las proporciones de degradación que se dan en otras zonas de la misma. Así, uno de los actuales Proyectos ARAUCARIA (aporte de la sociedad española a la conservación de la diversidad biológica en Iberoamérica), “Proyecto Bahoruco” se sitúa precisamente en este territorio al cumplir los criterios de selección para proyectos de carácter emblemático: representatividad de ecosistemas y valor ecológico de los mismos; potencial para el desarrollo sostenible, pues presenta poblaciones locales con quienes trabajar en el desarrollo de sistemas de producción sostenible de los recursos naturales, a través de actividades que exijan la conservación de los ecosistemas y de sus especies; existencia de una iniciativa local por el desarrollo sostenible, concretada a través de compromisos claros con las contrapartes locales (municipios, comunidades, grupos de productores, ONGs, etc).

La actividad investigadora ha estado orientada por el momento, a conocer los elementos y funciones de los ecosistemas, a solucionar problemáticas concretas de gestión de la biodiversidad, de los recursos naturales, de la ordenación de los territorios, del desarrollo de las comunidades locales y de las tecnologías apropiadas a dichos fines (ARAUCARIA et al., 2003). Muy pocos aspectos han sido trabajados con las comunidades locales, quedándose prácticamente concretados a jornadas de

sensibilización a cargo de personal técnico contratado y con lenguajes poco apropiados para la gente.

Nuestra percepción al respecto, nos ha llevado a diseñar un protocolo de investigación-acción que desea caminar hacia la sostenibilidad de los municipios de Pedernales en los que los sujetos sociales más importantes son las comunidades locales.

Este trabajo pretende ofrecer una descripción de las principales actividades llevadas a cabo en los últimos cuatro años, auspiciadas por el Centro Cultural Poveda (CCP) de Santo Domingo: identificación de los rasgos que hacen idóneo este territorio para proyectos de desarrollo sostenible, análisis DAFO de las organizaciones sociales más relevantes en las ciudades de la provincia de Pedernales y actividades realizadas con la gente que hemos seleccionado para nuestro propósito de caminar con ellas y ellos hacia un desarrollo local y humano que pueda hacer también sostenible este área de la Reserva de la Biosfera

1. Síntesis del origen y desarrollo humano de la provincia de Pedernales

En 1927 este territorio era una “colonia”, constituida por 50 familias de antiguos habitantes de los alrededores. Diez años después se construye la primera carretera que une los dos núcleos más importantes de la población (Oviedo-Pedernales), y en 1941 se inician las exploraciones mineras por parte de la Alcoa Exploration Company (EEUU). Con esta actividad se crean las colonias de Flor de Oro, hoy Mencía, La Altagracia y Aguas Negras, cuyas familias son en su mayoría de origen japonés y cibaenas (una región norteña dominicana). Pero será con la explotación de la bauxita por la empresa norteamericana, cuando comience la afluencia de inmigrantes provenientes de diferentes puntos del país. En 1947, Pedernales se convierte en municipio y en 1950 el dictador Trujillo, dentro de su plan de “dominicanización” total de la frontera, dispuso el traslado y asentamiento en este territorio de muchas familias procedentes del norte y este del país, así como de numerosos japoneses nacionalizados, y de algunos españoles. Se puede decir que en los comienzos de la década de los cincuenta del siglo pasado, se habían promovido 17 colonias agrícolas, a las que se procuró dotar de riego, tractores y ayuda técnica. Esta prosperidad poblacional quedó muy afectada en 1955 por el huracán Katie; pero la ciudad de Pedernales fue posteriormente reconstruida y se instituye por disposición gubernamental en 1957 la “Provincia de Pedernales”, con los dos municipios más importantes: Pedernales y Oviedo, siendo la primera localidad, la capital de la provincia .

La década de 1970 a 1980, es la de mayor impulso económico debido a la explotación de la bauxita. Por ello, adquiere en este tiempo también su mayor desarrollo el movimiento cultural, social y deportivo. Surgen varias entidades clubísticas, grupos artísticos y organizaciones deportivas. En 1978 la Corporación Dominicana de Electricidad instaló una unidad de 1.100 KW, la cual satisfacía la demanda de la población; y ese mismo año, el litoral Barahona-Pedernales, fue declarado Cuarto Polo Turístico de la República Dominicana. Sin embargo, en la década siguiente se produce un giro en el desarrollo de esta provincia, ya que en 1983 la empresa norteamericana suspende sus operaciones en el territorio debido a causas relativas al mercado internacional de la bauxita. Aunque en 1985, una subsidiaria de la Ideal Basic Industries, la Ideal Dominicana, obtuvo la concesión para explotar la piedra caliza de Cabo Rojo, lo cierto es que comienza una etapa de decadencia en la provincia, provocando una migración masiva de familias que se habían establecido allí.

Así pues en la actualidad, la provincia posee una densidad poblacional de 8,7 habitantes / Km², que es la más baja de todo el estado dominicano. Posee una fisonomía humana caracterizada por la existencia de un gran número de habitantes procedentes de otras

localidades del país, habiendo sufrido movimientos migratorios importantes. La mayor parte de la población se localiza en la ciudad de Pedernales (unos 13.000 habitantes en el año 2000). A escala provincial, el 44,3% de la población es menor de 18 años, que es un porcentaje más bajo que el promedio a escala nacional de (46.6 %) y posee un índice de masculinidad de 121%, especialmente en las zonas más urbanas, que es el mayor en el país. Este último factor es el que implica que la provincia posea en la actualidad uno de los índices de crecimiento poblacional más bajos de la República Dominicana.

La intercomunicación de Pedernales con el resto del país es muy limitada, debido principalmente a factores geográficos que la mantienen aislada: la frontera con la República de Haití, el Mar Caribe y la Sierra de Bahoruco. Este factor limita mucho su integración a las demás regiones, dificultando el intercambio comercial y aprovechamiento de las oportunidades que brindan otras provincias.

Actualmente la provincia de Pedernales cuenta con una red vial conformada por una carretera regional que comunica a la ciudad de Pedernales con Barahona, cuya longitud se aproxima a los 136 km. Pasando por Oviedo se vinculan a ésta algunos pocos caminos clasificados como veredas. Estas carreteras han sufrido derrumbes en los últimos años que resultan sumamente peligrosos y que en los tramos de La Ciénaga, Los Blancos y Los Cocos, pueden dejar la vía cerrada en caso de lluvias intensas. Los daños más considerables al tramo de la carretera Barahona-Pedernales ocurrieron tras el paso del Huracán Georges en septiembre del año 1998 y aún no han sido reparados. Así, la red para transporte interurbano en la provincia es muy mala en la gran mayoría de los casos, se realiza en camionetas y por caminos con muchas dificultades.

Aunque en la actualidad no disponemos de datos recientes debido a las últimas inundaciones que han afectado a la isla a finales del 2007, podemos decir que los focos principales de la pobreza dominicana se siguen encontrando precisamente en el área a lo largo de la frontera con Haití, en las áreas montañosas, y en los bateyes (áreas de la plantación del azúcar dominicanas donde viven los haitianos). En la provincia de Pedernales la pobreza alcanza aproximadamente al 75% de las familias: más del 90 % de los hogares viven con ingresos mensuales inferiores a 75 dólares y presentan una tasa de desempleo superior al 50%. Entre el 40 y el 50% de las viviendas no tienen acceso al agua potable y el 25% no dispone de servicio sanitario. Por otra parte, únicamente un 30% de las escuelas se encuentran en condiciones aceptables (solamente con sillas y pizarras). Lógicamente el “paro” se traduce en una tasa de desempleo, superior al 50%, que trae como consecuencia que la juventud emigre hacia otros lugares en busca de mejores condiciones de vida.

En la actualidad, la principal actividad productiva es el sector agropecuario, especialmente la agricultura, siendo los principales cultivos el café, habichuelas, sorgo y algodón. Sin embargo, los agricultores tienen limitaciones para acceder a créditos, asistencia técnica, suministro de semillas y otros componentes de apoyo a la producción. Además, la tenencia de las tierras es un tema controvertido y complicado en la República Dominicana, donde el 65% de los parceleros no tienen título legal. Se precisa realizar estudios de tenencia de tierras en la provincia de Pedernales, como insumo importante para la clasificación de uso del territorio.

Por último, las condiciones de las viviendas, construidas en su mayoría en la época de mayor desarrollo (barrios Inés, Miramar, Campo de Aviación, en la ciudad de Pedernales, así como en las comunidades agrícolas de Mencía, La Altagracia, Aguas Negras y Las Mercedes), no son buenas. El material de construcción de las casas, es en proporción como sigue: El 46% tienen paredes de bloques o cemento, el 37% de madera y el resto, un 13% aproximadamente, usa tabla de palma y tejamaní. Solo un 1% de los hogares tiene piso de mosaico o granito, el resto es de tierra y madera. Los techos son

de uralita (“zinc” en el lenguaje popular) en un 49%; el 37% de yagua (hojas de la palma real, *Roystonea hispaniolana*) y un 14% asbesto-cemento, (el asbesto es contaminante cancerígeno prohibido en muchos países). Como vemos las viviendas tiene en su gran mayoría muchas deficiencias y eso, sin contar las dimensiones de las mismas, ni cuantificar los habitáculos de las personas sin casa.

Las características expuestas en pueden sintetizarse en el cuadro 1 y son ellas las que creemos justifican la selección de la Provincia de Pedernales para la implantación de proyectos cuyos objetivos sean alcanzar el desarrollo local. Así, los gestores del territorio reconocen que, aunque hay una gran pobreza en Pedernales, su baja densidad poblacional hace que la magnitud del problema sea asequible a un desarrollo sostenible.

Cuadro 1.- Principales características que hacen idónea a Pedernales para la realización de proyectos de desarrollo sostenible

- Ubicación en la única Reserva de la Biosfera de la Rep. Dominicana
- Territorio dominicano con mayor incidencia de huracanes y avance de la sequía
- La más baja densidad de habitantes del país dominicano
- Casi un 50% de la población es menor de 18 años
- Continuos movimientos migratorios
- Limitaciones en la red viaria para el transporte y la comunicación
- Paro (desempleo superior al 50%)
- Mayor índice de pobreza del país (alcanza al 75% de las familias)

En el análisis de las estrategias de desarrollo sostenible expuesto en el Proyecto Araucaria-Bahoruco (2003), se dice que algunos factores descritos como “problema” para el desarrollo podrían revertirse en “potencialidades”. Así, el aislamiento de esta provincia, le ha permitido conservar hasta hoy valiosos recursos naturales y arqueológicos de los primeros pobladores, cuando estas tierras formaban parte del “Cacicazgo Jaragua”.

2. Análisis DAFO de las organizaciones sociales y fortalecimiento de las mismas

La región suroeste del país dominicano cuenta con una de las más amplias y sostenidas tradiciones organizativas del país. Encontramos en ella una gran variedad aunque la mayoría son de gran debilidad institucional. La actividad social es significativa en las asociaciones agrícolas Esperanza, El Nuevo Progreso, Agricultores Incorporados de Pedernales, Porfirio Mella y La India Solitaria, así como por las asociaciones de ganaderos de Pedernales y Oviedo, y por los sindicatos Ideal Dominicana, Asociación Dominicana de Profesores y Asociación de Profesionales Agrícolas. Las organizaciones de mujeres, carecen en general de fuerza en comparación con el nivel de participación masculina.

La situación de la mujer en la zona es de gran marginación, siendo generalmente excluida del proceso de desarrollo a pesar de haber demostrado ser un gran catalizador de éste. Debido a ello, el enfoque de género es actualmente recogido en muchos de los proyectos para el desarrollo que promueven muchas de las ONGs que operan en la zona. Para entender el tejido social de la sociedad civil de la provincia de Pedernales hemos realizado un estudio DAFO de la Organizaciones de la Provincia de Pedernales, (cuadro 2).

Cuadro 2.- *DAFO* de las Organizaciones de la Provincia de Pedernales

MUNICIPIOS	FORTALEZAS	DEBILIDADES	AREA
AGUAS NEGRAS			
Centro de Madres Mujeres al Progreso	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Sentimiento de grupo ❖ Constancia 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Sesgada hacia actividades tradicionales de los Centros de Madres (fogatas, quermés,...) ❖ No desarrollo de actividades productivas de manera grupal ❖ Dependencia de financiación externa (Senador) 	
Asociación de agricultores "La Nueva Idea"		<ul style="list-style-type: none"> ❖ Comercialización y producción ❖ Ausencia de reuniones de coordinación ❖ Falta de actividad. Desintegración del grupo 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Desarrollo agrícola
ÁVILA			
Asociación de agricultores "La Nueva Esperanza"	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Sentimiento de grupo ❖ Constancia ❖ Motivación para el trabajo ❖ Experiencia de trabajo comunitario 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Comercialización y producción 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Desarrollo agrícola ❖ Desarrollo pecuario
ALTAGRACIA			
Centro de Madres "La Samaritana"	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Reconocimiento en la comunidad ❖ Sentimiento de grupo ❖ Larga experiencia de trabajo grupal (fábrica de sazones) 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Disputa con el otro Centro de Madres de la comunidad ❖ Nula gestión contable ❖ Falta de producción de insumos para la fabricación de sazones 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Desarrollo agrícola (huertos) ❖ Agroindustria
Centro de Madres Concepción Bona		<ul style="list-style-type: none"> ❖ Disputa con el otro Centro de Madres de la comunidad ❖ Actividades tradicionales de los Centros de Madres ❖ Dependencia financiación externa (Senador) 	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo agrícola (huertos)
Asociación de agricultores "El Progreso"	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Reconocimiento en la comunidad ❖ Experiencia de trabajo comunitario (siembras colectivas, gestión de colmado) 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Comercialización y producción ❖ No regularidad en las reuniones ordinarias ❖ Desentendimiento con Asociación agricultores La Humanitaria 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Desarrollo agrícola ❖ Desarrollo pecuario
Asociación de agricultores La Humanitaria		<ul style="list-style-type: none"> ❖ Comercialización ❖ No regularidad en las reuniones ordinarias ❖ Desentendimiento con Asociación 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Desarrollo agrícola ❖ Desarrollo pecuario

		agricultores El Progreso ❖ Nula participación de la mujer	
Asociación de agricultores “La Nueva Inquietud”	❖ Claridad de objetivos	❖ Falta de conocimiento técnico ❖ Ausencia de reuniones	❖ Gestión ambiental (reforestación) ❖ Desarrollo agrícola (viveros,...)
MENCÍA			
Asociación de agricultores Fuerza y Progreso		❖ Comercialización y producción ❖ Nula actividad grupal	❖ Desarrollo agrícola
Centro de Madres Mujeres Cristianas en Acción	❖ Motivación en medicina natural	❖ Actividades tradicionales de Centros de Madres ❖ Poca actividad ❖ Dependencia financiación externa (Senador)	❖ Desarrollo agrícola ❖ Otras alternativas
LAS MERCEDES			
Asociación de agricultores “La India Solitaria y Productores de Bosque Seco”	❖ Buenas relaciones institucionales (Feprobosur) ❖ Alternativa a la agricultura	❖ Comercialización y producción ❖ No sistema organizado de recogida de madera ❖ Continuas pérdidas de cosecha por sequías	❖ Desarrollo agrícola ❖ Desarrollo pecuario
Asociación de agricultores ” La Desamparada”		❖ Problemas con las otras 2 organizaciones de la comunidad ❖ Continuas pérdidas de cosechas ❖ Falta de recursos para acometer inversiones	❖ Desarrollo agrícola ❖ Desarrollo pecuario
Centro de Madres		❖ Actividades tradicionales (rifas, fogatas,...) ❖ Dependencia financiación externa (Senador)	❖ Desarrollo agrícola ❖ Desarrollo pecuario
TRES CHARCOS			
Asociación de Agricultores La Nueva Esperanza	❖ Amplia trayectoria en gestión de proyectos comunales	❖ Comercialización ❖ Falta de actividades	❖ Desarrollo agrícola ❖ Desarrollo pecuario
Centro de Madres		❖ Falta de relaciones institucionales ❖ Falta de planificación y financiación	❖ Desarrollo agrícola ❖ Desarrollo pecuario
PEDERNALES			
Asociación agricultores Paz y Progreso		❖ Comercialización y producción	❖ Desarrollo agrícola ❖ Desarrollo pecuario
Asociación agricultores Porfirio Mella		❖ Comercialización y producción ❖ Nula actividad grupal	❖ Desarrollo agrícola ❖ Desarrollo pecuario
Asociación agricultores Pedernales Incorporado		❖ Comercialización y producción ❖ Nula actividad grupal	❖ Desarrollo agrícola ❖ Desarrollo pecuario

Asociación de Caficultores las Hermanas	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Abiertos los canales de comercialización ❖ Amplia experiencia en caficultura 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Falta de financiación para mejora de las propiedades y para conseguir los certificados de producción orgánico 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Desarrollo agrícola ❖ Desarrollo forestal
MANUEL GOYA			
Comité de Desarrollo de Manuel Goya		<ul style="list-style-type: none"> ❖ Nula actividad 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Desarrollo pecuario
Centro de Madres el Nuevo Progreso		<ul style="list-style-type: none"> ❖ Nula actividad ❖ Dependencia financiación externa (Senador) 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Desarrollo pecuario
OVIEDO			
Centro de Madres Inmaculada Concepción		<ul style="list-style-type: none"> ❖ Malas condiciones del local de reuniones ❖ Dependencia financiación externa (Senador) 	
Centro de Madres La Unión Hace la Fuerza		<ul style="list-style-type: none"> ❖ No cuentan con local ❖ Dependencia financiación externa (Senador) 	

Respecto la gestión local, sin duda una parte importante de la responsabilidad del desarrollo recae en las instituciones locales. Son ellas las que sobre el terreno pueden identificar fácilmente las necesidades y establecer la coordinación necesaria con las instituciones al nivel central. Pero para ello se necesitan instituciones fuertes y sólidas. De ahí que el CCP optase por incidir en el fortalecimiento de las organizaciones de la sociedad civil. Además, todos los rasgos señalados tienen unas consecuencias socioeconómicas en esta zona fronteriza que inciden en el desarrollo de la misma, por lo que es importante tanto para la sostenibilidad de las ciudades dominicanas, como para las de la parte haitiana.

El Proyecto Fortalecimiento de las Organizaciones Sociales en la Provincia Pedernales, auspiciado por el CCP con fondos otorgados por la Comunidad Autónoma de Madrid, tiene como propósito el fortalecer la capacidad institucional y de gestión participativa de las organizaciones barriales y rurales de la provincia para impulsar el desarrollo local. En las dos primeras fases ha impulsado este desarrollo mediante un proceso de formación sistemático ordenado a la construcción de ciudadanos/as como sujetos activos de su propio desarrollo.

Entre sus resultados figura el denominado grupo meta del proyecto que lo han constituido 50 animadores/as comunitarios y líderes de las organizaciones, así como 25 personas vinculadas a actividades de capacitación y comunicación social. En la actualidad está en su tercera fase, con la participación de once organizaciones comunitarias que pueden acceder a fondos para la ejecución de microproyectos sociales y actividades de fortalecimiento institucional. Dichas organizaciones están fundamentalmente constituidas por agricultores de los términos municipales de Oviedo y Pedernales.

No resulta sencillo el llevar a cabo una adecuación de las propuestas que se suelen hacerse respecto a la calidad de vida (cuadros 3 y 4) en territorio cuya primera apuesta estaría vinculada a la salida de la pobreza. No obstante, pensamos que las ideas constatadas en los mismos pueden ser trabajadas con las organizaciones locales de esta zona.

Cuadro 4. Cuestiones que suelen ser tenidas en cuenta respecto a la calidad de vida (Hernández, 2000)

- El termino “calidad de vida” empieza a utilizarse entrados los años sesenta. Éste termino pertenece a un universo ideológico y no tiene sentido si no es en relación con un sistema de valores.
- Lo que mejor designa la “calidad de vida” es la “calidad de vivencia que de la vida tienen los sujetos”.
- La mayoría de autores conciben la calidad de vida como una construcción compleja y multifactorial sobre la que pueden desarrollarse algunas formas de medida objetivas a través de una serie de indicadores, pero donde tienen una importancia enorme la vivencia que el sujeto pueda tener de sí mismo.
- La máxima expresión de “calidad de vida” es la que se da en una situación de estabilidad ecológica, entre la componente biótica, abiótica, social, cultural, y mitológica del sistema de vida humana. Ello implica situarse en la “calidad de vida” desde términos absolutos y, por tanto, inalcanzable. Por eso hablamos mejor de “calidad ambiental” como un componente fundamental que aglutina un buen nº de indicadores.
- Teniendo lo anterior presente, es más fácil entender la sostenibilidad de la ciudad del futuro. Está íntimamente relacionada con la modificación de ideas dominantes que conforman hoy día la calidad de vida para los ciudadanos/as y no tanto los propósitos empresariales y/o gubernamentales.

Cuadro 5. Aspectos que han sido señalados para tenerse en cuenta a la hora de caminar hacia una calidad de vida urbana (Hernández, 2000)

Aspectos por orden de prioridad que se consideran decisivos para el bienestar de los ciudadanos/as: **trabajo, educación, sanidad, vivienda y equipamientos.**

Aspectos relacionados con la contribución que tiene la calidad del medio ambiente en la calidad de vida y que vienen representados principalmente por la **calidad del aire y la calidad del agua, y en menor grado, la calidad de los alimentos.**

3. Un tercer bloque, de naturaleza psicosocial, está vinculado al ámbito interactivo del sujeto: **relaciones familiares, relaciones interpersonales, ocio, tiempo libre.**

Y un cuarto bloque, hace referencia a cuestiones de orden sociopolítico, tales como la **participación, la seguridad personal y jurídica.**

3. Identificación de los rasgos ambientales y humanos que hacen idónea a la provincia de Pedernales para proyectos de desarrollo sostenible

En el territorio objeto de este estudio, hemos identificado las siguientes *problemáticas relacionadas con la degradación de los recursos naturales*, puestas de manifiesto algunas de ellas en Informes Gubernamentales, pero que nosotros hemos comprobado en los diferentes itinerarios realizados para hacer un diagnóstico ambiental. En sentido general, podemos hablar de la degradación del potencial productivo de los *suelos*, aunque no ha sido comprobado experimentalmente hasta la fecha. Así mismo, la degradación de los *recursos forestales* (procesos de deforestación y pérdida de biodiversidad) que las recientes técnicas de satélite han comprobado (Martínez et al., 2005). La causa principal de la degradación es la práctica de una “agricultura de tumba y quema” para producción de leña y carbón, además de dejar superficie aclarada para el cultivo de habichuela (preferentemente) y maíz. Pero también hay que señalar el deterioro de los bosques causado por la ganadería extensiva que se hace actualmente en

muchas áreas de las “zonas núcleo” de los dos Parques Nacionales y en sus zonas de amortiguamiento. Por otra parte, la extracción de materiales, especialmente bauxita y caliza en áreas muy frágiles, colaboran al proceso de pérdida de biodiversidad. Por otro lado, también se detecta que la degradación de los *recursos hídricos* es debida a la disminución y agotamiento de caudales de acuíferos, especialmente por deforestación de las cuencas media y alta del río Pedernales, deterioro de la calidad de las aguas por vertidos de residuos líquidos y sólidos, sistemas inadecuados de riego y drenaje, así como la creciente sedimentación de la cuenca favorecida también por los huracanes. La falta de un acueducto para el trasvase de aguas, la escasez de lluvias y el avance de la sequía en este territorio tiene unas consecuencias socioeconómicas en esta zona fronteriza que inciden en el desarrollo de la misma.

Conclusiones

En la exposición realizada se describen los principales rasgos, ambientales y sociales, que hacen de la provincia de Pedernales un lugar muy adecuado y muy necesitado para la realización de proyectos de desarrollo. La sustentabilidad de sus ciudades pasa por trabajar directamente con las comunidades locales, no sólo desde una línea de fortalecimiento de las mismas, sino también con una información ecológica básica para que puedan comprender el manejo o gestión adecuada de su territorio en beneficio de su desarrollo humano y cultural y no únicamente de conservación de la naturaleza. Son precisamente los y las ciudadanas, como sujeto social, los que deben hacerse protagonistas de un desarrollo sostenible.

Agradecimientos: Al Centro Cultural Poveda de Santo Domingo, responsable de la investigación llevada a cabo y a la CM por financiar parte de las actividades realizadas.

Referencias bibliográficas

- Alexis, S.; Hernández, A. J. & Pastor, J. 2004. Soil Degradation in Haiti: Causative Factors and Consequences. In: *Human Impact on Land Degradation. Proc. Fourth International Conference on Land Degradation*. A. Faz, R. Ortiz & G. García (eds.): 317-318. Quaderna Editorial, Alicante. ISBN: 84-95781-42-5.
- Alexis, S. y Hernández, A. J. 2005. Evolución histórica de la degradación ambiental en la isla “La Española”. En *Maestras y Maestros:Prácticas Educativas*, (en prensa)
- ARAUCARIA-Proyecto Batoruco, ONOPLAN y AECI. (2003). *Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de la Provincia de Pedernales*.
- CEDOPEX (Centro Dominicano de Promoción de Exportaciones), 2000.- *Zona Fronteriza de Libre Comercio: Su Impacto Económico y Social*. Santo Domingo.
- CONARE (Consejo Nacional Para la Reforma del Estado), 2000. Proyectos de descentralización y Participación en la República Dominicana.
- CONAU/SECTUR (Consejo Nacional de Asuntos Urbanos. Secretaría de Estado de Turismo).1999. *Plan de Ordenamiento Territorial Turístico para Pedernales y Cabo Rojo*.
- CONAU, 2000.- *Política Nacional de Desarrollo Urbano para los Asentamientos Humanos*. Santo Domingo, R. D.,
- EIRD (*Enciclopedia Ilustrada de la República Dominicana*) 2003.- Ed. Eduprogreso, S. A., Santo Domingo
- Hernández, 1996. Ciudades para un futuro sostenible. *Crítica, nov-dic* : 26-30
- Hernández, A. J. 2000. Ciudad y Ecología. *Anuario Pedagógico*, 3: 129-159
- Hernández, A. J. 2001. Ciudades sostenibles y saludables. *Crítica, feb.* : 25-27

- Hernández, A. J.; Alexis, S. y Pastor, J. 2005. Contribución al estudio de la degradación de los suelos de los bosques tropicales de la provincia de Pedernales (República Dominicana). En R. Jiménez ballesta y A. M^a. Alvarez González (eds.) *II Simposio Nacional de la Degradación de Suelos*. Ed. Universidad Autónoma de Madrid: 173-177
- ONAPLAN (Oficina Nacional de Planificación), 1997. Informe Población: Focalización de la Pobreza en la República Dominicana.

CAPÍTULO IV

CONOCIMIENTO DE LOS SUELOS PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA EN LA PROVINCIA Y CUENCA DE PEDERNALES



1. PRESENTACIÓN DEL CAPÍTULO

El contenido del segundo epígrafe del capítulo ha sido publicado como “Contribución al estudio de la degradación de los suelos de los bosques tropicales de la provincia de Pedernales (República Dominicana) en Jiménez-Ballesta, R.; Álvarez-González A. M. (eds). *Control de la degradación de suelos*. Ed. Consejería de Economía e Innovación Tecnológica, Comunidad de Madrid, Madrid: 173-178. I.S.B.N. 84-689-2620-5. Este trabajo fue después seleccionado y publicado en 2007 como “Soil degradation in the tropical forests of the Dominican Republic’s Pedernales province in relation to heavy metal contents. *The Science of the Total Environment*, 378: 36-41 SIC.

El segundo trabajo enmarcado en este capítulo IV ha sido publicado en: J. F. Gallardo (Ed). *Medioambiente en Iberoamérica. Visión desde la Física y la Química en los albores del Siglo XXI*. Ed. Diputación de Badajoz: 223-229. I.S.B:N. 978-84-611-0352-2, en 2006, por lo que su totalidad corresponde al mismo.

El contenido del epígrafe 4 se expuso en el *XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, León-Guanajuato, México*: 655-659 .

Y, se presentará durante este año de 2008 en el Congreso Ibérico de Suelos el trabajo que incluye el contenido que exponemos en el epígrafe último de este capítulo.



2. CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS DE LOS BOSQUES TROPICALES DE LA PROVINCIA DE PEDERNALES (REPÚBLICA DOMINICANA)

Abstract

Two of the National Parks of the only Biosphere Reserve in the Caribbean Islands, the Jaragua-Bahoruco-Enriquillo reserve, occur mostly within the Pedernales province (Dominican Republic). In these National Parks, Jaragua and Bahoruco, almost every tropical forest ecosystem is represented, as are the land uses most common to the Dominican Republic. Despite soil being a key natural resource that needs to be considered in any sustainable development programme, the literature contains very little information on the soils of this region.

In this study, we analysed 41 topsoil samples representing the main forest types and land uses of the province. The factors examined were fertility (OM, N, P, K) and heavy metal contents (Cu, Cr, Pb, Cd, Ni, Zn). Mean OM, N and total and available metal levels were almost invariably higher in the natural forest soils compared to those given over to human activities, especially cultivated soils. This difference suggests the uptake of metals by the crops and, to a lesser extent, by animals feeding on crop remains and grassland plants. This hypothesis is supported by high total and available metal contents, especially of Zn, Cu, Pb and, in smaller measure, of Cr recorded in the solid waste landfill of the city of Pedernales. It appears that the cutting down and burning practices of a nomad type of cultivation, as well as the pressures of intensive agriculture and livestock rearing have resulted in heavy metals bound to the soil's OM. We propose this is an important point to consider for the management of these lands.

Key words: Biosphere Reserve, land uses, soil fertility, soil pollution, heavy metals.

Resumen

La provincia de Pedernales (República Dominicana) alberga la mayor parte de la única Reserva de la Biosfera en la isla caribeña, con la ubicación de los Parques Nacionales Bahoruco y Jaragua. En ellos se encuentran representados la casi totalidad de los ecosistemas de bosques tropicales (de coníferas, latifoliados, bosque seco y manglares en tierra firme), así como los usos del suelo más comunes en el país dominicano. La bibliografía consultada en lo referente a los suelos es muy escasa y no aporta ningún dato en relación a este recurso natural que es básico para la gestión de un desarrollo sostenible en este territorio. Ello constituye el objeto de este trabajo.

Un total de 41 muestras de la capa superficial de los suelos correspondientes a los diferentes bosques y usos han sido analizadas en lo relativo a la fertilidad (N, P, K) y contaminación por metales pesados (Zn, Cu, Cr, Pb, Cd) por su relación con la litología de los diferentes sustratos. La tala y quema de los bosques para una agricultura trashumante, así como una agricultura y ganadería intensivas, implica que los suelos deban ser manejados atendiendo a la dinámica de los metales pesados atrapados en la materia orgánica.

Palabras clave: Reserva de la Biosfera, fertilidad del suelo, contaminación del suelo, metales pesados

Introducción

Por la importancia que la provincia de Pedernales (República Dominicana) está teniendo en la actualidad para estudios que conduzcan al desarrollo humano y sostenible de esta zona, (ONOPLAN, 1991 y 1997; ARAUCARIA, 2003), se hace necesario diagnosticar la capa superficial edáfica, como referente del estado actual de los suelos en los principales ecosistemas que forman parte de la única Reserva de la Biosfera que se encuentra en la isla La Española. En las recientes publicaciones relativas a planes de ordenación de los recursos naturales en esta zona, no se encuentran estudios de edafología apoyados en análisis de los suelos (Cámara, 1997; ARAUCARIA, 2003), ni tampoco figuran en los trabajos desarrollados anteriormente por la OEA (1967). Sin embargo, hemos percibido que el suelo es el recurso natural que se ve sometido a una degradación constante en los últimos años. Pensamos que ello es debido a dos causas que tienen lugar a la vez. Por un lado, la deforestación a través de la tala y quema para el desarrollo de una agricultura trashumante (Alexis et al., 2004) y, por otro, la dinámica de transformación de los distintos sustratos de la zona, especialmente en lo que se refiere a la contaminación por metales pesados, debida a los metales litogénicos que se asocian con minerales primarios y pueden estar disponibles en el sistema suelo-planta (Kabata-Pendias, 1993). Estas formas de metales, al igual que los de origen antropogénico, se pueden transformar mediante procesos edafogénicos y se convierten en metales edáficos controlados por las propiedades del suelo. Este trabajo se propone por tanto, mostrar una primera aproximación al estudio de la degradación de los suelos en este territorio, así como contribuir a dar referentes cuantitativos relacionados con la misma.

Material y métodos

a) Características naturales del área de estudio. Podríamos resumir el perfil geológico diciendo que en la zona baja de la provincia predominan las margas. Sin embargo, a partir de los 14 m. sobre el nivel del mar, se inician las terrazas cársticas hasta alcanzar una elevación entre los 50-60 m. Se encuentran yacimientos de bauxita sobre los 365 m. y también a partir de 1.200 hasta los 1.645 m. (Cámara, 1997). Es, además, la zona más meridional de República Dominicana, siendo por ello la más afectada por los huracanes y tormentas tropicales del área, al estar situada más dentro de su trayectoria ordinaria, que el resto del país. Los huracanes han sido factores con-formantes de los actuales ecosistemas, sobre todo en las zonas costeras y en el sistema de lagunas costeras.

El clima, en sentido general, puede clasificarse como semiárido, con oscilación anual y marcada variación de un año a otro en régimen de precipitación (T^a media de $27^{\circ} C$ y 720 mm. de precipitación media). Dos estaciones secas ocurren en la cuenca de Pedernales: una de noviembre a abril y otra en junio-julio, siendo el período comprendido entre agosto y octubre el de mayor precipitación. La sequía avanza en dos direcciones: de Este a Oeste y de Norte a Sur, cuestión ésta que afecta fuertemente a todo el área de estudio.

El río Pedernales, nace en la sierra de Batoruco y tiene 30 Km. de longitud, siendo todo él frontera natural entre los dos países de la Isla de La Española. Su cuenca presenta las zonas que están sometidas a mayores presiones de la tala y quema de los bosques en este territorio; así mismo, la canalización del río, en igual proporción para Haití que para República Dominicana, es utilizada casi esencialmente en la actualidad para el regadío de los cultivos establecidos en las dos márgenes (cultivos intensivos). Este hecho, unido al que en este territorio dominicano se ubique la mayor parte de la única

Reserva de la Biosfera de la isla, declarada por la UNESCO en 2002 (Santana, 2004), y en la que se sitúan los Parques Nacionales de Bahuco y Jaragua, ha contribuido al diseño de un gestión en relación a los usos más frecuentes en la explotación del territorio caribeño: explotación de minerales, agricultura -excepto arroz- y ganadería intensivas, además de la agricultura itinerante, producto de tala y quema de los bosques. Las características más relevantes en relación a los suelos las hemos constatado a través de la información cartográfica: mapas con la litología, unidades geomorfológicas y capacidad productiva de la tierra (OEA, 1967; Cámara, 1997), así como el mapa de vegetación (Tolentino y Peña, 1998).

b) Muestreo y análisis de suelos. La selección de los puntos de muestreo se ha realizado de acuerdo a las unidades paisajísticas del territorio, englobando además los usos del suelo. Se ha recogido un total de 41 muestras de la capa superficial edáfica, (0-20 cm.) mediante azada en cinco puntos al azar en cada sistema a lo largo de un transecto que va desde los 1.300 m. hasta los 5 m. sobre el nivel del mar, combinando pues el gradiente altitudinal que condiciona los diferentes bosques tropicales de la zona, así como las áreas de agricultura intensiva. La ubicación de las muestras está referida a las unidades de vegetación que configuran el paisaje. Las terminologías usuales para la designación de las mismas no son homogéneas en el país dominicano, lo que todavía provoca conflicto entre los investigadores dependiendo de las diferentes escuelas. Para este trabajo seguimos la nomenclatura y terminología seguida en el “Inventario de la Vegetación y Uso de la Tierra en la República Dominicana”, (Tolentino y Peña, 1998), ya que ha sido realizada mediante la utilización de sensores remotos y el uso de los SIG que proporcionan un medio adecuado de cuantificación y delimitación geográfica de las diferentes tipos de vegetación natural que existen en la República Dominicana.

Se ha determinado el pH en agua, el contenido de materia orgánica y de elementos vinculados a la fertilidad (N, P, K) así como los niveles total y asimilable del Cu, Cd, Zn, Pb y Cr. Estos últimos se han determinado por espectroscopia de emisión de plasma, tras moler los suelos con mortero de ágata y someterlos a ataque ácido con HNO₃ y HClO₄ en proporción 4:1. Los datos edáficos se analizaron comparando valores medios con la U de Mann Whitney. En todas las tablas, letras diferentes en los mismos grupos y columnas indica que la diferencia entre usos de las variables edáficas es significativa al menos al 90%.

Resultados y discusión

Para el estudio de los suelos hemos agrupado las muestras teniendo en cuenta, las categorías utilizadas en el citado Plan de Ordenación para los dos Parques Nacionales ubicados en la provincia de Pedernales, que ha sido también asumidas por Araucaria (2003) y que están acordes con la sectorización que se hace para una Reserva de la Biosfera. Pero las hemos relacionado también con las distintas unidades paisajísticas y los usos actuales de gran parte de estos bosques. Por todo lo cual la ubicación de las 41 muestras de suelo corresponden a los ecosistemas mencionados a continuación:

1. “*Bosque tropical de coníferas*” y “*Bosque latifoliado*”, categoría que abarca al “*Bosque latifoliado nublado*”. En ellos se ubican los suelos de las denominadas “Zonas Núcleo” y de bastantes muestras de las “Áreas de Amortiguamiento” del Parque Nacional Bahuco; se sitúan entre los 3.085 y 800 m los primeros y entre 800-400 m los segundos, con una precipitación anual media de 900 a 2.000 mm. Los primeros se encuadran en la unidad geomorfológica “Sierra de Bahuco”, correspondiendo a sistemas no cultivables o sólo para explotación forestal, según los autores consultados. En

estos bosques no hay paralización vegetativa. Aunque los suelos de la “zona de amortiguamiento” de este Parque se sitúan en la unidad geomorfológica “Escalera de las Mercedes”, tampoco son considerados aptos para el cultivo. Una buena parte de este territorio está afectado por la explotación de bauxita. La OEA (1967) se refiere a esta zona como al “bosque muy húmedo montano” y al “bosque húmedo subtropical”, así como Cámara (1997), habla de los pisos de vegetación “supraantillano y mesoantillano”. Nosotros hemos agrupado las muestras ubicadas en esta zona en los GRUPOS I y II: “Zona Núcleo” y de “Amortiguamiento” del Parque Nacional Baboruco, respectivamente, por su ubicación geográfica y los usos de suelos que encontramos actualmente.

2. “*Bosque tropical seco*”. Es el más representativo del Parque Nacional Jaragua. Está compuesto por especies de árboles semidecíduos, que crecen en zonas de menos de 500 m., con temperaturas entre 26 a 28° C y precipitaciones de 500 a 800 mm por año. La evapotranspiración potencial en el mismo excede los niveles de precipitación entre 8 y 10 meses cada año. Los suelos corresponden a la unidad geomorfológica “Karst de Jaragua”, con una vegetación sometida a 3-5 meses de paralización vegetativa. Corresponden al denominado por la OEA (1967) “bosque seco subtropical” y “bosque espinoso subtropical”, y por Cámara (1997) “bosque tropófilo espinoso”. Aquí hemos situado los Grupos III y IV: “Zona de Conectividad” de los dos Parques y “Zona Núcleo” del Parque Nacional Jaragua, respectivamente.

Tabla 1.- Valores medios de pH, N total, M.O., P₂O₅ y K asimilable.

Grupo	Usos del Suelo	pH	N total (%)	M. O. (%)	P ₂ O ₅ (mg/100g.)	K (mg/100g.)
I	Natural	5,5 a	0,683 a	16,1 a	2,2 a	13,5 a
	Agricultura trashumante	4,9 b	0,352 a	7,7 a	3,8 a	17,5 a
II	Natural	7,7 a	0,800 a	13,0 a	12,8 a	17,0 a
	Pastos	7,1 b	0,372 a	15,2 a	32,3 a	22,0 a
	Agricultura trashumante	7,4 ab	0,628 a	11,1 a	19,5 a	18,2 a
III	Natural	7,3 a	0,875 a	15,7 a	9,0 a	28,5 a
	Pastos	7,7 a	0,562 b	10,0 b	8,8 a	114,3 c
	Agricultura trashumante	7,4 a	0,500 b	9,8 b	15,7 a	15,8 ab
	Agricultura intensiva y/o con regadío	7,8 a	0,264 c	4,5 c	17,3 a	35,6 abc
IV	Natural	7,9 a	0,484 a	10,9 a	4,2 a	41,5 a
	Agricultura trashumante	8,0 a	0,355 a	6,0 a	16,5 b	35,0 a
	Vertedero	8,2	1,00	5,7	32,8	111,5

3. “*Bosque de Humedales*” y “*Matorrales de Humedales Salobres*”. Los primeros están inundados solo en las épocas lluviosas (Manglares de Tierra Firme), con sales disueltas en los suelos; una altura entre 5 y 20 metros y una densidad entre 70 y 85 % de cobertura y se localizan en Cabo Rojo, en la costa Suroeste del Parque Nacional Jaragua y al Noreste de la Laguna de Oviedo. Los Matorrales se presenta en suelos rojizos, pobremente drenados y de baja altitud, alcanzando una altura máxima de 5 m. y se pueden encontrar en diversos ambientes (secos, húmedos, o en los manglares). Se encuentra al Noreste de la Laguna de Oviedo, en el tramo costero Cabo Rojo–Pedernales. Las tres muestras de suelo correspondientes a estas unidades paisajísticas no se contemplan en el estudio de los grupos realizados.

Según la bibliografía consultada (FAO, Informe 21/90 CP-HAI; Cámara, 1997), se dice que en todo el territorio hay un marcado predominio de suelos que van de superficiales a poco profundos, pedregosos, con escaso desarrollo edafogénico y baja fertilidad natural, principalmente en las tierras altas, con excepción de los pequeños valles

intramontanos, donde la profundidad efectiva es mayor, la rocosidad y pedregosidad es menor y la fertilidad natural es más elevada. En la parte baja de la cuenca, los suelos son poco profundos, gravosos, con drenaje algo excesivo, características que mejoran con los sedimentos, depositados por el Río Pedernales, generando mayor potencialidad de desarrollo agrícola. Sin embargo, se comenta que las calizas están muy presentes en esta zona y su descomposición produce un suelo generalmente profundo (0,6 m.), cubierto de una capa de materia orgánica negra y fértil, de buena estructura, con un pH alrededor de 7; debajo hay una capa de arcilla o de limo rojo, ligeramente ácido (pH 5,6 y 6,5) al contacto de la roca madre. La mayoría de los suelos han sido clasificados como *entisoles* para los correspondientes a la parte montañosa y colinas (clases VI y VII que podrían ser los correspondientes a los grupos I y II de nuestro estudio) y en el valle aluvial del Río (clases III y IV, correspondientes a los situados en el grupo III, con agricultura intensiva y de regadío); mientras que para los valles intramontanos presentan algunos *mollisoles* e *inceptisoles*, (clase III y IV, no quedando claramente ubicados en este territorio).

Tabla 2.- Valores medios de metales totales (ppm) y niveles de referencia en Holanda por encima de los cuales hay contaminación demostrable.

Grupo	Usos	Cd	Cr	Cu	Zn	Ni	Pb
I	Natural	27,3 a	186,8 a	114,7 a	249,7 a	133,6 a	24,3 a
	Agricultura trashumante	1,6 b	79,1 a	86,5 a	200,0 a	63,8 a	22,8 a
II	Natural	12,0 a	54,4 a	141,0 a	259,0 a	136,3 a	17,0 a
	Pastos	9,7 a	145,4 a	50,0 b	244,0 a	53,6 b	20,0 a
	Agricultura trashumante	6,6 a	22,3 b	46,3 b	134,7 b	32,4 b	5,2 b
III	Natural	33,9 a	154,5 a	203,5 ab	441,5 a	232,3 a	40,3 a
	Pastos	6,8 b	64,3 bc	124,0 b	185,5 bc	125,9 bc	25,3 b
	Agricultura trashumante	23,0 a	147,4 ab	225,3 a	405,7 ab	197,7 ab	33,8 ab
	Agricultura intensiva y/o de regadío	7,9 b	37,6 c	55,7 c	90,0 c	46,8 c	6,3 c
IV	Natural	1,8 a	34,6 a	32,3 a	54,0 a	44,6 a	7,3 a
	Agricultura trashumante	0,1 a	6,2 a	12,0 a	18,0 a	9,6 a	1,8 a
	Vertedero	3,0	148,8	135,5	843,5	43,5	182,3
Nivel de Referencia		1,0	100	50	200	50	50

Los análisis efectuados por nosotros (tablas 1, 2 y 3) muestran por vez primera los valores de aquellos parámetros que van ligados a la fertilidad de los suelos, *versus* “calidad”, así como a los metales pesados relacionados con la litología y que pueden causar contaminación.

Tabla 3.- Valores medios de metales asimilables (ppm).

Grupo	Usos del Suelo	Cd	Cr	Cu	Zn	Ni	Pb
I	Natural	15,9 a	1,1 a	17,2 a	18,6 a	5,9 a	4,5 a
	Agric. trashumante	0,5 b	3,1 a	9,5 a	6,6 a	0,9 b	0,0 a
II	Natural	7,2 a	0,2 a	16,9 a	15,3 a	5,5 a	0,7 a
	Pastos	7,2 a	0,8 b	12,4 a	30,7 a	12,6 a	5,7 b
	Agric. trashumante	4,1 a	0,2 a	10,2 a	14,4 a	2,0 b	0,9 a
III	Natural	27,5 a	0,8 a	34,5 a	32,5 a	35,2 a	4,9 a
	Pastos	5,9 bc	0,5 bc	29,5 ab	10,3 cd	20,4 b	4,9 a
	Agric. trashumante	15,6 ab	0,5 b	22,7 b	16,3 bc	11,7 c	2,2 b
	Agricult. Intensiva y/o con regadío	6,2 c	0,3 c	7,0 c	12,6 d	1,6 d	1,0 b
IV	Natural	1,0 a	0,1 a	4,8 a	6,4 a	3,6 a	1,0 a
	Agric. trashumante	0,1 a	0,1 a	3,1 a	2,5 a	1,6 a	0,0 a
	Vertedero	1,2	0,7	23,4	269,0	0,7	22,6

Las diferencias son poco significativas entre los pH de los diferentes usos del suelo, excepto para el grupo I de suelos ácidos. Aunque la M. O. y el contenido de N tienen valores medios apreciablemente diferentes en bastantes casos según los usos, solamente llegan a ser significativas entre usos en el grupo III. Todos los valores medios para estos dos parámetros son más elevados en los suelos naturales de los distintos bosques y menores cuando estos se refieren a cultivos herbáceos en una agricultura itinerante. Contrariamente parece ocurrir para el caso del P asimilable y con una tendencia similar para el K.

Los datos concernientes a los metales pesados asimilables muestran un mayor número de diferencias significativas entre los diferentes usos en las distintas áreas estudiadas. Sus niveles son más altos en los suelos naturales que en los de los cultivos herbáceos. Este hecho induce a pensar en la existencia de una exportación de los metales por parte de las plantas cultivadas. Además, la presencia destacada de Zn, Cu, Pb y, en menor grado, Cr, en la zona de descarga del vertedero de Pedernales, donde se depositan fundamentalmente restos orgánicos, parece corroborar la existencia de esta exportación a las plantas del consumo de la población. Por otra parte el pastoreo, generalmente itinerante en el bosque seco e intensivo en el bosque latifoliado, parece producir menores pérdidas de M.O., pero este hecho, unido al aporte de heces y restos vegetales, parece influir en la retención de un mayor contenido de metales pesados que en los sistemas de cultivo. La reducción de la M.O. y la acumulación de elementos tóxicos en la capa superficial edáfica son consideradas como dos cuestiones de la degradación de la tierra, (Stocking & Murnaghan, 2003).

Conclusiones

La M. O. de los suelos juega un importante papel en la retención de los metales en la capa superficial, por lo que en este territorio es muy importante un manejo adecuado de los mismos especialmente en las zonas de amortiguamiento de los dos Parques Naturales, así como en las denominadas zonas de agricultura intensiva de esta Reserva de la Biosfera.

Agradecimientos: Al profesor Roquero por la información facilitada y al Proyecto REN2002-02501/TECNO del MCyT.

Referencias bibliográficas

- Ahmed, S., Rahman, S.M. 2001. Trace metals in soil-plant systems under tropical environment. In: *Environmental restoration of metals-contaminated soils*, 229-241, I. K. Iskandar (edit.). Lewis Publishers. Boca Raton, USA.
- Alexis S, Hernández AJ, Pastor J. Soil Degradation in Haiti: Causative Factors and Consequences. In: Faz A, Ortiz R, García G, editors. *Human Impact on Land Degradation. Quaderna Editorial, Alicante, 2004*, pp. 317-319.
- Appel C, Ma L. Concentration, pH, and surface charge effects on cadmium and lead sorption in three tropical soils. *J. Environ. Qual.* 2002; 31: 581-589.
- Cámara R. Geografía Física de la República Dominicana. Tesis Doctoral, Facultad de Geografía e Historia. Universidad de Sevilla, 1997.
- CRIES. Land Cover Use *Inventory for the Dominican Republic: Through Visual Interpretation of Landsat Imagery*. USAID, MSU 1980, 300 pp.
- Davies BE. Deficiencies and toxicities of trace elements and micronutrients in tropical soils: limitations of knowledge and future research needs. *Environ. Toxicol. Chem.* 1997; 16: 75-83.

- Davies BE, Bifano C, Phillips KM, Mogollon JL, Torres M. Aqua regia extractable trace elements in surface soils of Venezuela. *Environ. Geochem. Health* 1999; 21: 227-256.
- De Matos AT, Fontes MPF, da Costa LM, Martinez MA. Mobility of heavy metals as related to soil chemical and mineralogical characteristics of Brazilian soils. *Environ. Pollut.* 2001; 111: 429-435.
- FAO. Inventario y Fomento de los Recursos Naturales, República Dominicana. Informe Técnico, FAO, SF/DOM 8, Roma, 1973, 480 pp.
- Fontes MPF, Gomes PC. Simultaneous competitive adsorption of heavy metals by the mineral matrix of tropical soils. *Appl. Geochem.* 2003; 18: 795-804.
- Hanafi MM, Sjaola J. Cadmium and zinc in acid tropical soils: I. Soil physicochemical properties effect on their adsorption. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 1998; 29: 1919-1931.
- Hernández AJ, Pastor J. Técnicas analíticas para el estudio de interacciones suelo-planta. Henares. *Rev. Geol.* 1989; 3: 67-102.
- Hernández AJ, Alexis S, Molina E, Pastor, J. Evaluación de la toxicidad debida a la acción conjunta de metales pesados del suelo en la Cuenca de Pedernales (República Dominicana-Haití) en *Phaseolus vulgaris*. In: CICTA 2005, 6th Iberian and 3rd Iberoamerican Congress of Environmental Contamination and Toxicology. *The Environment: A Challenge for the Scientific Research, 25-28 September 2005*, Cádiz, Spain, pp. 248-249.
- Hernández A.J.; Vizcayno C, Alexis S, Pastor, J. Procesos antropo-edáficos frecuentes en la reserva de la biosfera Jaragua-Bahoruco-Enriquillo (Rep. Dominicana). In: J. F. Gallardo, editor. *Medioambiente en Iberoamérica. Visión desde la Física y la Química en los albores del Siglo XXI*, Diputación de Badajoz, Badajoz, 2006, pp. 223-229.
- Kabata-Pendias A. Behavioural properties of trace metals in soils. *Appl. Geochem.* 1993; *Suppl. Issue 2*: 3-9.
- Lakanen E, Ervio R. A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. *Acta Agric. Fenn.* 1971; 123: 223-232.
- NMH Ministry of Housing-Netherlands. Dutch intervention values of heavy metals and organic pollutants in soils, sediments and ground water. In: *Physical Planning and Environmental Conservation Reports HSE 94.021*, 1994.
- OEA. Reconocimiento y Evaluación de los recursos naturales de la República Dominicana, Unión Panamericana, Washington, DC, 1967, 540 pp.
- ONOPLAN & AECI. Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de la Provincia de Pedernales, Araucaria Proyecto Bahoruco, Sto. Domingo, 2003, 140 pp.
- SEMARN. Reserva de la Biosfera Jaragua-Bahoruco-Enriquillo. Secretaría de Estado para el Medio Ambiente y Recursos Naturales. Santo Domingo RD, 2004, 169 pp.
- Soumaré M, Tack FMG, Verloo MG. Distribution and availability of iron, manganese, zinc, and copper in four tropical agricultural soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 2003; 34: 1023-1038.
- Stocking M, Murnaghan N. Manual para la Evaluación de Campo de la Degradación de la Tierra. Mundi-Prensa, Madrid, 2003. 173 pp.
- Tolentino L, Peña, M. Inventario de la vegetación y uso de la tierra en República Dominicana. *Moscosa* 1998; 10: 179-203.
- Udom BE, Mbagwu JSC, Adesodun JK, Agbim NN. Distributions of zinc, copper, cadmium and lead in a tropical ultisol after long-term disposal of sewage sludge. *Environ. Int.* 2004; 30: 467-470.

- Wilcke W, Kretzschmar S, Bundt M, Saborio G, Zech W. Aluminum and heavy metal partitioning in A horizons of soils in Costa Rican coffee plantations. *Soil Sci.* 1998; 163: 463-471.
- Wilcke W, Kretzschmar S, Bundt M, Saborio G, Zech W. Depth distribution of Aluminium and heavy metals in soils of Costa Rican coffee cultivation areas. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 2000; 163: 499-502.

3. PROCESOS ANTROPO-EDÁFICOS FRECUENTES EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA JARAGUA-BAHORUCO-ENRIQUILLO

SOIL-ANTROPIC FREQUENT PROCESSES IN THE JARAGUA-BAHORUCO-ENRIQUILLO BIOSPHERE RESERVE (DOMINICAN REP.)

Abstract

The relationships between the fertility (N, P, K) and the different types of forest and use forms in the superficial layer of 40 samples have been studied. Also, Al and heavy metals contamination in relation with the lithology have been investigated. Cutting down and burning forest for agricultural uses, and industrial exploitation of bauxite and limestone produced alterations in the soil processes.

Key words: Biosphere Reserve, soil fertility, soil pollution, heavy metals.

Introducción y objetivos

La tala y quema en los bosques tropicales húmedos para usos agrícolas o de pasto, vienen siendo las prácticas más habituales de la población humana ubicada en el territorio de la única Reserva de la Biosfera existente en la República Dominicana. Estas actividades, unidas a la explotación de la bauxita y de la caliza, conllevan alteraciones en los suelos de los ecosistemas. Por otra parte, la agricultura intensiva, generalmente con regadío, y la deposición de basuras en las áreas ocupadas por el bosque tropical seco, alteran también los suelos. Esta realidad nos ha llevado a plantear el estudio de los principales procesos implicados en la capa superficial de los suelos de los ecosistemas más frecuentes de esta reserva por la acción antrópica.

Material y métodos

Área de estudio y muestreo. Podríamos resumir el perfil geológico diciendo que en la zona baja del territorio de estudio predominan las margas. Sin embargo, a partir de los 14 m sobre el nivel del mar, se inician las terrazas kársticas hasta alcanzar una elevación entre los 50-60 m. Se encuentran yacimientos de bauxita sobre los 365 m y también a partir de 1.200 hasta los 1.645 m. Es, además, la zona más meridional de República Dominicana, siendo por ello la más afectada por los huracanes y tormentas tropicales del área, al estar situada más dentro de su trayectoria ordinaria, que el resto del país. Los huracanes han sido factores con-formantes de los actuales ecosistemas, sobre todo en las zonas costeras y en el sistema de lagunas costeras.

La selección de los puntos de muestreo se ha realizado de acuerdo a las unidades paisajísticas del territorio (Tolentino y Peña, 1998), englobando además los usos del suelo. Se ha recogido un total de 40 muestras de la capa superficial edáfica, (0-20 cm.) en cinco puntos al azar en cada sistema a lo largo de un transecto que va desde los 1.300 m. hasta los 5 m. sobre el nivel del mar, combinando pues el gradiente altitudinal que condiciona los diferentes bosques tropicales de la zona, así como las áreas de agricultura intensiva. Todas las muestras se localizan en los dos grandes Parques Nacionales de esta Reserva de la Biosfera: Sierra de Bahoruco y Jaragua.

La ubicación de las muestras de suelo corresponden a los ecosistemas mencionados a continuación: “*Bosque tropical de coníferas*” y “*Bosque latifoliado*”, categoría que abarca al “*Bosque latifoliado nublado*”; se sitúan entre los 3.085 y 800 m los primeros y entre 800-400 m los segundos, con una precipitación anual media de 900 a 2.000 mm. Los primeros se encuadran en la unidad geomorfológica “Sierra de Bahoruco”,

correspondiendo a sistemas no cultivables o sólo para explotación forestal. La OEA (1967), se refiere a esta zona como al “bosque muy húmedo montano” y al “bosque húmedo subtropical”. El bosque seco, con suelos que corresponden a la unidad geomorfológica “Karst de Jaragua”, presenta una vegetación sometida a 3-5 meses de paralización vegetativa. Corresponden al denominado por la OEA (1967) “bosque seco subtropical” y “bosque espinoso subtropical”. Por último, “*Bosque de Humedales*” y “*Matorrales de Humedales Salobres*”; los primeros están inundados solo en las épocas lluviosas (Manglares de Tierra Firme), con sales disueltas en los suelos; una altura entre 5 y 20 metros y una densidad entre 70 y 85 % de cobertura y se localizan en Cabo Rojo, en la costa Suroeste del Parque Nacional Jaragua y al Noreste de la Laguna de Oviedo.

Análisis físico-químicos de los suelos. Se ha determinado el pH en agua, el contenido de materia orgánica y de elementos vinculados a la fertilidad (N, P, K) así como los niveles total y asimilable del Al, Fe, Mn, y totales de Cu, Cd, Zn, Pb y Cr. Estos últimos se han determinado por espectroscopia de emisión de plasma, tras moler los suelos con mortero de ágata y someterlos a ataque ácido con HNO₃ y HClO₄ en proporción 4:1. Los datos de fertilidad se analizaron comparando valores medios entre los grupos mediante el test no-paramétrico de la U de Mann Whitney.

La fracción arcilla (< 2µm) se obtuvo a partir de suspensiones acuosas al 1% en agua desionizada MilliRo-4 de Millipore, de muestras previamente tamizadas a 2 mm, mediante sedimentación. Los líquidos se succionaron a través de bujías Chamberlain de porosidad L-3 con el objeto de no modificar las propiedades de las arcillas. La identificación mineralógica de las muestras se realizó mediante difracción de rayos X (DRX) utilizando un difractómetro Philips X’Pert con radiación CuKα_{1,2}. Las condiciones de excitación fueron de 40 KV y 50 mA. Se utilizó un mocromador secundario de grafito, un contador miniproportional y los diagramas se registraron con una velocidad de barrido de 0.02° 2θ/s. Dada la existencia de mezclas de minerales de la arcilla y como consecuencia de ciertas similitudes cristalográficas fue necesario la obtención de los siguientes difractogramas de cada una de las muestras: a) polvo desorientado, b) agregado orientado seco al aire (AO); c) agregado orientado solvatado con etilenglicol y d) agregados orientados sometidos a temperaturas de 300 y 500 ° C durante 3 horas. La estimación semicuantitativa de los distintos minerales presentes en las muestras, se ha calculado utilizando los difractogramas de polvo desorientado y agregado orientado y los factores de intensidad propuestos por Schultz (1964) y Ortega (1979).

Resultados

En este trabajo se presentan los resultados relacionados con los procesos antropodéficos ligados a las dos principales actividades de uso en los bosques tropicales de los dos Parques Nacionales: la agricultura y la explotación de la bauxita. En la tabla 1 se muestran los parámetros relacionados con la fertilidad de los suelos analizados. Por lo general, se presentan contenidos más bajos en los suelos con usos agrícolas, excepto para el P, debido a la aplicación de fertilizantes como hemos comprobado con los agricultores. Así como la M.O. y el N se sitúan en niveles altos de fertilidad, no ocurre lo mismo para los fosfatos, especialmente para los suelos ácidos y con Al. En la figura 1, se pueden observar los contenidos asimilables de Al, Fe y Mn dado que son absorbidos por los cultivos herbáceos ocasionando toxicidad al ser elevados; ese sería el caso del Al, ya que por encima de 50 mg/kg, como ocurre en los suelos de los bosques tropicales húmedos, se considera que este elemento puede ser contaminante.

Los metales pesados que presentan los suelos analizados en cada ecosistema y usos frecuentes, se muestran así mismo en las figuras 2 y 3. El Cu y el Zn son oligoelementos indispensables para la vida, pero el exceso de los mismos, como ocurre en los suelos del bosque húmedo latifoliado puede ocasionar toxicidad para los cultivos. Cr, Cd y Ni son los metales que, en casi todos los suelos utilizados en la agricultura, están por encima de los niveles de referencia considerados con posibilidad de contaminación de los mismos. El análisis mineralógico de la fracción arcilla, (tabla 2), nos indica que, según disminuye la altitud el contenido en calcita aumenta. En el Bosque tropical húmedo de coníferas, la explotación de la cantera de bauxitas, ésta produce una alteración dando lugar a una transformación del hidróxido $Al(OH)_3$ (gibbsita) a oxihidróxido $AlOOH$ (boehmita). En el bosque tropical nublado, el suelo utilizado para uso agrícola contiene cuarzo; sin embargo en el húmedo latifoliado el suelo empleado para uso agrícola no tiene cuarzo y los minerales con mayor grado de alteración son más abundantes.

Tabla 1. Niveles medios (mg/100g suelo para el P, K y Ca) y desviaciones típicas de parámetros edáficos de fertilidad en los bosques tropicales húmedos y seco de la Reserva de la Biosfera en la R.D. (VRS = vertedero de residuos sólidos urbanos; N = natural; A = antropizado. Letras diferentes en los mismos grupos y columnas indican que las diferencias entre casos son, al menos, significativamente fiables al 90%).

Ecosist.	Usos	pH	N total %	M. O. %	P (P_2O_5)	K ⁺	Ca ⁺⁺
B.c	N	5,5±0,3 a	0,683±0,391 a	16,1±5,4 a	2,2±1,6 a	13,5±9,3 a	172±134 a
	A	4,9±0,4 b	0,352±0,372 a	7,7±7,9 a	3,8±4,6 a	17,5±20,5a	57±14 a
B.n	N	7,7±0,1 a	0,800±0,243 a	13,0±3,8 a	12,8±17,3 a	17,0±2,8 a	805±113 a
	A	7,4±0,7 a	0,628±0,376 a	11,1±6,0 a	19,5±8,8 a	18,2±5,2 a	608±79 b
B.l	N	7,3±0,4 a	0,875±0,168 a	15,7±3,3 a	9,0±5,6 a	28,5±20,5a	562±222 a
	A	7,4±0,4 a	0,500±0,082 b	9,8±0,7 b	15,7±13,3 a	15,8±2,3 a	520±172 a
B.s	N	7,9±0,2 a	0,484±0,393 a	10,9±7,9 a	4,2±5,9 a	41,5±49,4 a	606±95 a
	A	8,0±0,2 a	0,355±0,077 a	6,0±0,4 a	16,5±0,7 b	35,0±43,8 a	552±3 a
	VRS	8,2±0,1	1,00±0,210	5,7±0,5	32,8±45,6	111,5±2,1	462±3
Manglar	N	8,0	0,360	3,8	22,5	31,0	465,0
	A	7,8	0,096	1,9	8,0	7,0	430,0

Discusión

Independientemente de la erosión y movimientos de tierras por la acción de los huracanes en la zona (*disturbances*), pensamos que los dos procesos antrópicos (*perturbation*) que más influyen en los procesos edáficos de los suelos de estos sistemas tropicales (agricultura y explotación de bauxita y caliza esencialmente) se implican entre sí. Por un lado, la deforestación a través de la tala y quema para fines agrícolas en el bosque tropical húmedo latifoliado y, por otro, la dinámica de transformación de los distintos sustratos de la zona, especialmente en lo que se refiere a la contaminación por metales pesados, debida a los metales litogénicos que se asocian con minerales primarios y pueden estar disponibles en el sistema suelo-planta (Kabata-Pendias, 1993).

Figura 1. Niveles de Al, Fe y Mn asimilables (mg/K) en suelos representativos de los sistemas estudiados (comparación entre el ecosistema y dos situaciones antrópicas).

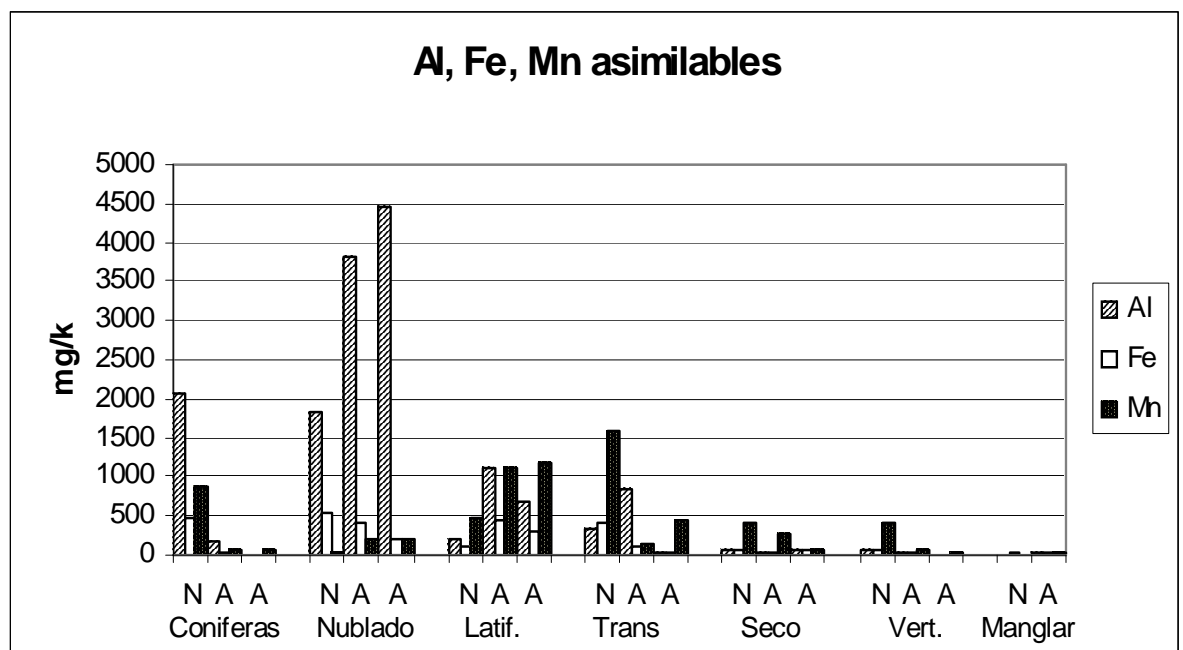


Figura 2. Niveles de Cu, Zn y Ni (elementos totales) en los mismos sistemas que se muestran en la figura anterior.

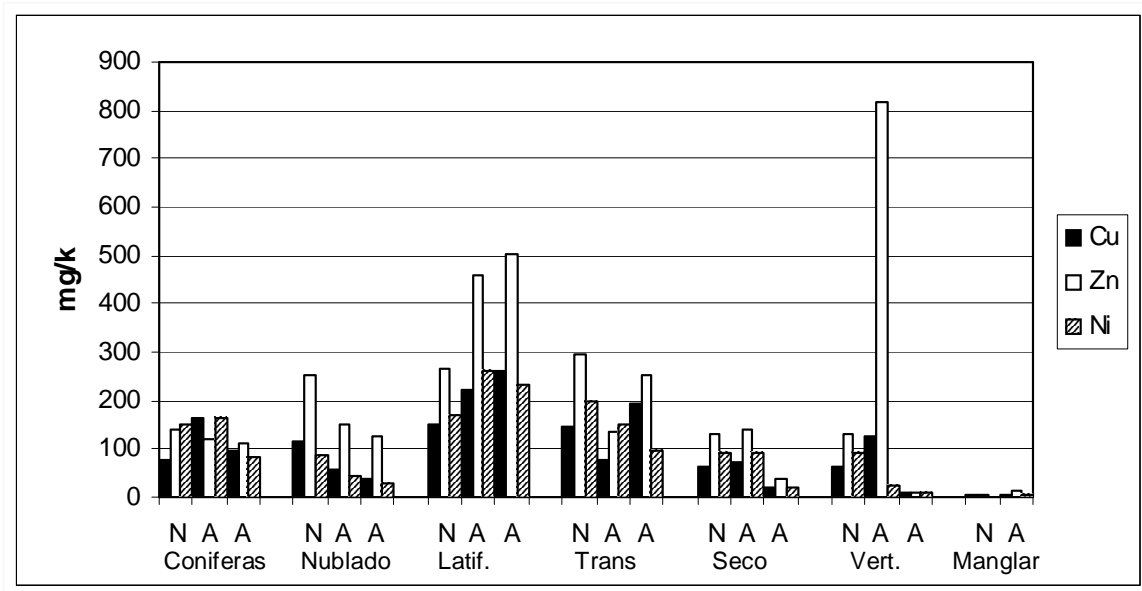


Figura 3. Otros metales pesados (Cd, Cr y Pb) que presentan los suelos analizados.

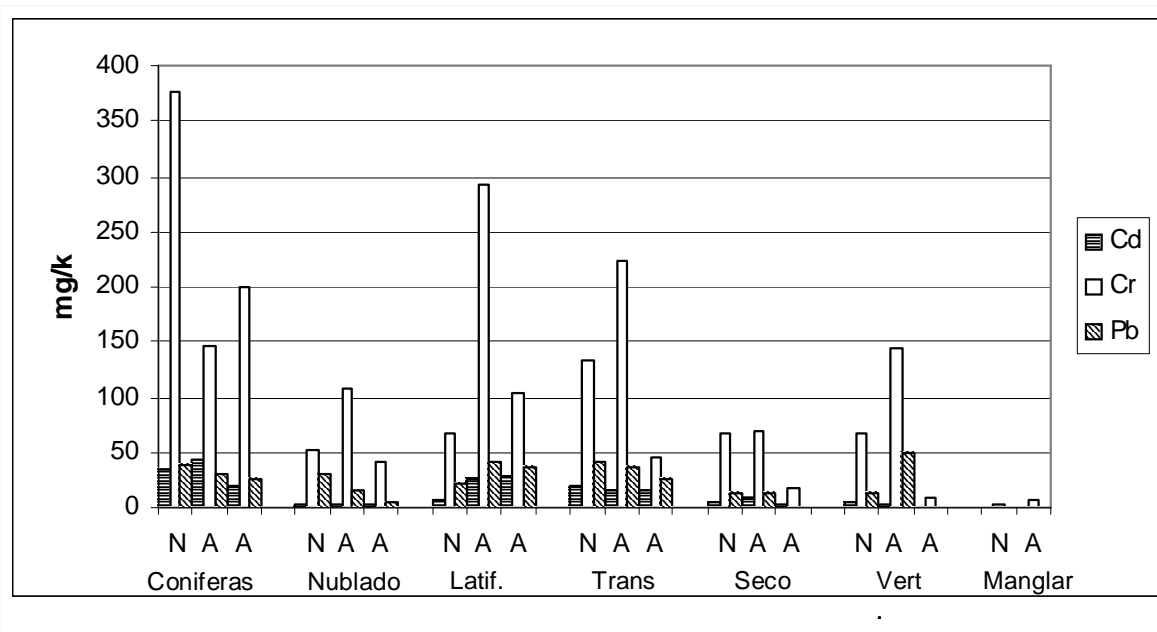


Tabla 2. Mineralogía de la fracción arcilla (%) de la capa superficial de suelos de ecosistemas representativos del Parque Nacional de Bahoruco y del Parque Nacional Jaragua, así como de sus usos más frecuentes (N = natural o sin uso; A = uso antrópico, en este caso correspondiente a la agricultura de cultivos herbáceos, excepto a la explotación de la bauxita para el caso del bosque de coníferas)

Ecosistema	Usos	Cuarzo	Calcita	Dolomita	Clorita	Caolín	Hematita	Gibbsita	Boehmita
Tr-conifera	N	--	--	--	2	2	33	55	8
	A	--	--	--	--	20	42	14	24
Tr-nublado	N	--	18	--	13	10	33	13	13
	A	59	--	--	5	4	12	9	5
Tr-latifolia	N	58	--	--	--	18	20	4	--
	A	--	--	--	--	14	40	16	30
Tr-seco	N	--	65	--	--	5	15	--	15
	A	--	94	--	2	--	1	1	1
Manglar	N	--	97	3	--	--	--	--	--

Estas formas de metales, al igual que los de origen antropogénico, se pueden transformar mediante procesos edafogénicos y se convierten en metales edáficos controlados por las propiedades del suelo. Aunque la M.O. puede jugar un importante papel en la retención de los metales en la capa superficial edáfica de estos ecosistemas (Hernández et al., 2005), un uso no adecuado de los mismos, puede convertirlos en contaminantes.

La fuerte precipitación en las épocas de lluvia caída sobre suelos de laderas deforestadas y usadas para cultivos herbáceos en esas épocas en los pisos correspondientes al bosque tropical húmedo latifoliado, o el regadío a base de explotación de pozos subterráneos en las épocas secas para alimentar una agricultura intensiva en el piso del bosque seco, implican mayores absorciones de elementos que son transferidos a los cultivos alimenticios. Estos elementos acaban por encontrarse en los suelos de los basureros ubicados en el bosque tropical seco, especialmente el Zn (ver figura 2). Este último

oligoelemento es también el principal contaminante inorgánico de los VRSU sellados en el centro de la Península Ibérica (Pastor et al., 1993-a). La deposición de basuras, por otra parte, conlleva también un incremento de salinidad en la capa superficial del suelo (Pastor et al., 1993-b).

Agradecimientos: Proyectos REN2002-02501/TECNO del M^oCyT y 1.2-046/2005/3-B del M^oMA.

Bibliografía

- Hernández, A. J.; Alexis, S.; Pastor, J. 2005. "Contribución al estudio de la degradación de los suelos de los bosques tropicales de la provincia de Pedernales (República Dominicana)". En: Jimenez-Ballesta, R.; Alvarez-Gonzalez, A. M. (eds). *Control de la Degradación de Suelos*: 173-178. Consejería de Economía e Innovación Tecnológica, CAM, Madrid.
- Kabata-Pendias, A. 1993. Behavioural properties of trace metals in soils. *Applied Geochemistry*, Suppl. Issue 2: 3-9.
- OEA 1967. *Reconocimiento y Evaluación de los recursos naturales de la República Dominicana*, Washington, USA.
- Ortega, M. 1979. *Mineralogía de la Block Formation. Depresión de Granada*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada, España.
- Pastor, J.; Urcelay, A.; Oliver, S.; Hernández, A. J. 1993-a. Impact of Municipal Waste on Mediterranean Dry Environments. *Geomicrobiology J.* 11: 247-260.
- Pastor, J.; Urcely, A.; Adarve, M^a J.; Hernández, A. J.; Sánchez, A. 1993-b. Aspects on contamination produced by domestic waste landfills on receiving waters in Madrid province. *Environmental Pollution ICEP* 2: 254-261
- Schultz, L.G. 1964. Quantitative interpretation of mineralogical composition from X-ray and chemical data for the Pierre Shale. *U.S. Geol. Surv. Prof. Paper*, 391-C, C1-C31. United States Government Printing Office, Washington, DC.
- Tolentino, L.; Peña, M. 1998.- Inventario de la vegetación y uso de la tierra en República Dominicana. *Moscosa*, 10: 179-203.

4. CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS DE LOS SUELOS DE ECOSISTEMAS PRESENTES EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA *JARAGUA-BAHORUCO-ENRIQUILLO* (REPÚBLICA DOMINICANA)

Resumen

Se describen las principales características de los suelos de los bosques tropicales de la única Reserva de la Biosfera existente en la República Dominicana. Se ha analizado la capa superficial (0-20 cm) en un total de 36 muestras en un transecto altitudinal que condiciona los diferentes tipos de ecosistemas. Se trata fundamentalmente de suelos de tipo *entisol*, clasificación concordante con la dada por otros autores. Sin embargo en este trabajo se aportan datos cuantitativos de pH, contenidos en carbonatos, M.O., N total, elementos asimilables vinculados a la fertilidad de los suelos, metales pesados, tanto totales como asimilables, características granulométricas y textura. Destacan, sobre todo, los elevados contenidos de metales pesados, superiores a los observados en otros suelos de Centroamérica y América del Sur.

Palabras clave: entisoles, bosques tropicales, fertilidad, metales pesados

Introducción

Desde la creación de la Reserva de la Biosfera *Jaragua-Bahoruco-Enriquillo* en la República Dominicana a finales de 2002, hemos venido trabajando en el estudio de uno de sus recursos naturales menos abordados por otros autores, como es el suelo. Pretendemos contribuir a su conocimiento en un territorio muy representativo de esta Reserva de la Biosfera (SEMARN, 1994) y centrarnos ahora en exponer diversos resultados obtenidos para distintas variables de los suelos de sus ecosistemas más representativos.

En la actualidad, varias iniciativas, tanto institucionales internacionales, como de los Gobiernos de los Estados, se han convertido en el eje de acciones orientadas hacia la recuperación ambiental, basadas en la integración de estrategias de conservación en los procesos productivos / extractivos. Se ha llegado así a la conclusión de que los principales problemas para un desarrollo humano sostenible están relacionados con la degradación ambiental y la reducción de la productividad de los suelos.

Materiales y métodos

La selección de los puntos de muestreo de los suelos se ha realizado en base a las unidades paisajísticas presentes en el territorio (Tolentino y Peña, 1998). Las muestras se recogieron en la estación seca de febrero-marzo. En la Figura 1 se puede observar la localización espacial de las mismas. Se trata de un total de 79 muestras de la capa superficial edáfica (0-20 cm.), tomadas al azar en cada ecosistema, a lo largo de un transecto que desciende desde los 1.300 m. hasta los 5 m. sobre el nivel del mar, siguiendo el gradiente altitudinal que condiciona los diferentes bosques tropicales de la zona: bosque húmedo de pinos, bosque nublado, bosque latifoliado, bosque seco, manglares y humedales salobres.

Todas las muestras se localizan en los dos grandes Parques Nacionales de esta Reserva de la Biosfera: Sierra de Bahoruco y Jaragua.

El análisis químico de los suelos, se efectuó determinando la granulometría y textura, el pH en agua, % de materia orgánica, elementos vinculados a la fertilidad (N, P, K, Ca, Mg) según (Hernández y Pastor, 1989); así mismo, los niveles de elementos totales, asimilables y disponibles, mediante espectrofotometría de emisión de plasma, tras moler los suelos en

mortero de ágata y someterlos a un ataque ácido con HNO_3 y HClO_4 en proporción 4:1, en el caso de los contenidos totales y según Lakanen & Ervio (1971), los metales biodisponibles.

Se ha utilizado un análisis de componentes principales (ACP), con el fin de generar patrones sintéticos de variación de las variables edáficas/topográficas utilizados en el estudio de los suelos de la provincia y poner de manifiesto la existencia de los grupos existentes entre ellas. Solo se incluyeron en el análisis aquellas variables ambientales, que presentaron una alta contribución a la variabilidad de los tres primeros ejes de un análisis de componentes principales (Hernández y Pastor, 1989).

Resultados y discusión

Según el Informe de la FAO (Informe 21/90 CP-HAI, OEA, 1967) y al que se ajusta lo recogido por Cámara (1997), se puede observar de que en todo el territorio de Pedernales hay un marcado predominio de suelos que van de superficiales a poco profundos y pedregosos, con escaso desarrollo edafogenético y baja fertilidad natural, principalmente en las tierras altas, con excepción de los pequeños valles intramontanos, donde la profundidad efectiva es mayor, la rocosidad y pedregosidad es menor y la fertilidad natural es más elevada.

Figura 1. Localización de lugares de muestreo de suelos en el territorio de estudio



Sin datos cuantitativos en los trabajos citados anteriormente, se dice que la mayoría de estos suelos se clasifican como *entisoles*. Algunos autores (López-Hernández et al.,

2006), se han referido a esta clase para suelos tropicales venezolanos, a los que caracterizan de baja fertilidad (bajos contenidos en N, P, K).

Los *entisoles* se definen como suelos sin horizontes pedogenéticos de reciente aluvión. En la cartografía a gran escala que se muestra en el trabajo del MOPU (1990) para América Latina, en el único mapa de suelos que adjunta, se puede percibir que toda “La Hispaniola” queda comprendida en “suelos de montaña” caracterizados por estar sometidos a diversos regímenes de humedad y temperatura, pendientes abruptas, relieves y elevaciones variables, por todo lo cual se dice que estos suelos varían mucho dentro de cortas distancias.

Podemos asumir que la mayoría de los suelos presentes en el territorio estudiado son *entisoles*, que carecen de un horizonte de diagnóstico, pero que pueden presentar evidencias de horizontes antrópico o hístico. Desarrollan perfiles con horizonte A-R que se caracterizan por presentar un epipedón órico sobre un lecho rocoso fracturado, cuya profundidad es muy superficial y horizontes A-C con textura del suelo y subsuelo arenosa a arcillosa (tabla 8), con colores que van desde oscuros a pardos y de profundidades de muy superficiales a muy profundos. Se encuentran ubicados desde las montañas (bosques de coníferas, con *Pinus occidentalis*, y bosques latifoliados) hasta presentarse en secuencia topolítica de entisoles en zonas llanas que van desde suelos arenosos a suelos aluviales de textura más fina.

Tabla 1. Valores medios (m) y desviaciones típicas (dt) de la altitud, pendiente y del pH y contenidos en carbonatos, materia orgánica y N total de los suelos de las unidades de paisaje de la reserva.

Unidad de paisaje		Altitud m	Pend. %	pH	CO ₃ %	MO %	N %
B.Coníferas	m	1276	19,4	7,6	23,1	5,1	0,160
	dt	124	6,3	0,4	32,1	4,0	0,103
B.Nublado	m	1178	32	7,0	11,0	4,8	0,238
	dt	125	21,4	1,2	21,4	4,2	0,135
B.Latifoliado	m	599	30	6,5	27,7	3,9	0,425
	dt	117	12,3	1,6	30,8	4,2	0,510
B.Seco	m	127	7,2	7,5	37,7	7,2	0,394
	dt	188	6,1	0,3	33,7	4,0	0,261
Manglar-Humedal	m	8	2	7,8	76,5	3,6	0,127
	dt	5	1,7	0,07	8,8	0,5	0,064

En la publicación sobre esta Reserva de la Biosfera realizada por la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales del país dominicano (SEMARN, 2004), también aparecen poco detallados los conocimientos acerca de los suelos de la misma, si bien por los resultados que vamos obteniendo, así como de nuestras observaciones directas respecto a los mismos, podemos asumir alguno de los contenidos expuestos en la citada publicación. Así, los suelos de la sierra de Bahuco no son aptos para la agricultura, tienen una vocación forestal y cumplen una función ecológica de protección muy importante. O también, cuando se menciona que en el Parque Jaragua, la formación de los suelos está relacionada con el sustrato geológico calizo donde se producen los fenómenos kársticos, relacionados con la variabilidad de la roca madre y las condiciones microclimáticas locales (ver datos de carbonatos en la tabla 1). Aunque reconocemos que se trata de suelos poco profundos, no podemos generalizar lo constatado en la publicación citada respecto a las texturas de los mismos.

La tabla 8 muestra las diferencias de las mismas para suelos de unidades paisajísticas características en la provincia de Pedernales. En los ecosistemas situados en cotas bajas, los suelos son también poco profundos, con mucha grava y con drenaje algo excesivo, características que mejoran con los sedimentos, depositados por el río Pedernales. Sin embargo, se comenta que las calizas están muy presentes en esta zona y su descomposición produce un suelo generalmente profundo (0,6 m.), cubierto de una capa de materia orgánica negra y fértil, de buena estructura, con un pH alrededor de 7; debajo hay una capa de arcilla o de limo rojo, ligeramente ácido (pH 5,6 y 6,5), al contacto con la roca madre.

En la tabla 1 vemos que las altitudes medias de cada unidad de paisaje, varían grandemente. Las pendientes más fuertes correspondieron a los bosques nublados y latifoliados. Los valores de pH, que también pueden verse en dicha tabla, fueron generalmente básicos, con escasa presencia de suelos ácidos. El contenido de carbonatos más elevado se encuentra en los ecosistemas costeros sobre calizas coralinas (manglares y humedales).

Tabla 2. Valores medios (m, en mg kg⁻¹) y desviaciones típicas (dt) de nutrientes cambiables.

Unidad de Paisaje		P ₂ O ₅	Ca	Mg	K	Na
B.Coníferas	m	0,98	351,1	6,4	4,2	2,6
	dt	0,35	99	5,6	2,6	2,1
B.Nublado	m	2,95	287,4	6,5	4,7	2,4
	dt	2,79	237,2	3,7	2,4	1,5
B.Latifoliado	m	7,95	608,8	21,6	10,0	3,4
	dt	9,97	366,1	25,7	7,2	1,4
B.Seco	m	12,58	632,54	33,0	56,6	3,4
	dt	20,37	158,74	21,6	45,8	1,1
Manglar-Humedal	m	5,63	460,33	107,1	26,0	208,7
	dt	4,48	68,87	66,1	2,3	316,8

Los contenidos de M.O. y N total, fueron elevados, especialmente los de M.O. en el bosque seco y los del N total en el bosque latifoliado. Los contenidos de K cambiable (tabla 2) fueron bajos en los bosques de montaña, y elevados en los suelos del bosque seco y en los manglares y humedales. Los contenidos de P asimilable (expresado en P₂O₅) fueron generalmente bajos o muy bajos en todos los casos.

En cuanto al Mg, Na y B (tablas 2, 3 y 5), los contenidos pseudototales y disponibles fueron más elevados en humedales y bosque seco; los contenidos de Ca asimilable y total (tablas 2 y 5), lo fueron en los bosques secos, latifoliado, y manglares y humedales. Los contenidos de Al y Fe, disponibles y pseudototales (tablas 3 y 6), más elevados se encontraron en los tres bosques de montaña, especialmente en el de coníferas. Los contenidos mas elevados de Mn y de los metales pesados: Cd, Cu, Zn, Ni y Pb (tablas 3, 4, 6 y 7) se encuentran generalmente en los suelos del bosque latifoliado, pero son también elevados en los otros ecosistemas boscosos

Destacan, por consiguiente, los elevados contenidos de estos metales, que cuando los comparamos a los valores-guía mencionados en la tabla 7, que son aquellos por encima de los cuales podemos hablar de un suelo potencialmente contaminado, los superan para todos ellos, excepto el Pb.

Al mirar los suelos al microscopio electrónico (datos no publicados), se ha visto que los metales podrían estar asociados a la M.O. y a los abundantes óxidos de Al y Fe, si bien en otros suelos deberían estar en las arcillas porque tienen escasa M.O. y carbonatos.

Tabla 3. Valores medios (m) y desviaciones típicas (dt) de los contenidos disponibles* (mg kg⁻¹) de P, Al, Fe, B y Mn.

Unidad de Paisaje		P	Al	Fe	B	Mn
B.Coníferas	m	0,04	230,6	55,3	3,1	115,4
	dt	0,05	680,4	152,7	6,0	287,5
B.Nublado	m	0,02	378,3	109,5	5,2	8,8
	dt	0,04	808,5	238,3	8,9	10,5
B.Latifoliado	m	0,13	128,5	113,8	9,5	448,2
	dt	0,29	144,5	169,3	6,3	667,6
B.Seco	m	3,5	11,3	11,8	9,2	86,5
	dt	7,4	19,0	22	12,8	147,4
Manglar-Humedal	m	11,4	8,5	36,0	14,9	11,5
	dt	26,8	18,0	61,9	16,9	13,8

*método de Lakanen and Ervio.

Tabla 4. Valores medios (m, en mg kg⁻¹) y desviaciones típicas (dt) de los metales pesados disponibles.

Unidad de Paisaje		Cd	Cr	Cu	Zn	Ni	Pb
B.Coníferas	m	2,5	0,22	2,1	1,17	0,28	1,4
	dt	5,9	0,57	4,3	2,58	0,42	3,7
B.Nublado	m	0,13	0,9	1,7	1,7	0,13	0,05
	dt	0,13	1,9	2,8	1,8	0,26	0,08
B.Latifoliado	m	3,8	0,18	8,7	6,7	8,9	1,4
	dt	6,6	0,28	13,6	10,5	15,4	2,7
B.Seco	m	0,5	0,00	1,6	2,6	1,25	0,67
	dt	1,0	0,01	3,2	6,2	2,5	1,26
Manglar-Humedal	m	0,02	0,12	1,1	1,5	0,21	0,0
	dt	0,05	0,18	1,26	2,02	0,26	0,0

*método de Lakanen y Ervio.

Tabla 5. Valores medios (m, en mg kg⁻¹, menos el Ca, en %) y desviaciones típicas (dt) de los contenidos pseudototales de los macronutrientes.

Unidad de Paisaje		Ca	Mg	K	Na
B.Coníferas	m	2,58	875,4	254,8	65
	dt	1,80	499,7	158	32,4
B.Nublado	m	6,50	1606,9	503,8	96
	dt	13,19	770,9	136,8	37,8
B.Latifoliado	m	10,98	2698,8	939,7	142,8
	dt	11,63	1449,8	453,9	23,5
B.Seco	m	19,24	3716,8	4904,2	389,1
	dt	18,29	1731,0	3813,8	328,5
Manglar-Humedal	m	18,44	17012,1	1160	7431,6
	dt	14,97	8731,5	1356	8109,2

Se trataría en nuestro caso, no de una contaminación de origen externo, sino que su origen es litogénico, es decir procede de los sedimentos marinos que al aflorar, han constituido el sustrato de estos suelos.

En Hernández et al. (2005 y 2006), pudimos ya observar además de como lo hacemos ahora, que los contenidos de Al son muy elevados, especialmente en los bosques de Bahoruco y son más bajos en el Bosque seco. En este trabajo, también se pudo ver que los principales minerales de las arcillas encontrados en los suelos de Pedernales son: hematites, gibsita, bohemia, caolín y calcita. Son más minoritarios: clorita, cuarzo y dolomita.

Tabla 6. Valores medios (m) y desviaciones típicas (dt) de Al, Fe, Mn y P pseudototales.

Unidad de Paisaje		Al %	Fe %	Mn mg kg ⁻¹	P mg kg ⁻¹
B.Coníferas	m	17,3	6,16	1054,4	144,7
	dt	8,51	3,49	552,4	106,7
B.Nublado	m	7,14	4,28	259,8	1258,4
	dt	3,95	1,71	280,3	672,3
B.Latifoliado	m	8,57	4,72	1787,1	3136,2
	dt	5,78	3,40	2105,8	2225,3
B.Seco	m	5,19	3,03	1048,7	869,4
	dt	44,2	2,08	839,1	725,4
Manglar-Humedal	m	0,61	0,35	81,9	367,5
	dt	0,51	0,23	83,6	211,3

Tabla 7. Valores medios (m, en mg kg⁻¹) y desviaciones típicas (dt) de los metales pesados pseudototales.

Unidad de Paisaje		Cd	Cr	Cu	Zn	Ni	Pb
B.Coníferas	m	18,8	242	72,8	140,8	108,4	27,2
	dt	10,9	130,3	43,4	104,1	57,9	15,5
B.Nublado	m	1,9	81,1	69,6	198,9	57,9	19,2
	dt	2,3	56,4	46,1	122,9	34,4	10,0
B.Latifoliado	m	6,1	47,7	97	194,7	107,1	18,5
	dt	7,9	53,9	58,7	108,1	75,9	15,1
B.Seco	m	3,3	34,8	41,2	106,8	51	18,7
	dt	2,2	31,7	36,1	96,6	47,4	27,4
Manglar-Humedal	m	0,35	5,2	4,6	11,5	4,4	0,0
	dt	0,9	4,7	3,6	12,9	4,8	0,0
V.G.H*		0.8	100	36	140	35	85

*Valores guía en Holanda. Nivel indicativo por encima del cual hay contaminación demostrable.

Las texturas (tabla 8), son variadas, van desde arenoso-francas hasta arcillosas. En los suelos, comparados con los de otras áreas, parecen predominar más las fracciones de arenas y arcillas que las de limo.

Tabla 8. Características granulométricas de los suelos (% medios).

Unidad de Paisaje	Arena	Limo	Arcilla	Textura
B.Coníferas	57	25	18	Fco.-arenosa
B.Nublado	25	9	66	Arcillosa
B.Latifoliado	51	23	26	Fco.-arcillo-arenosa
(id)	61	23	16	Fco.-arenosa
B.Seco	52	25	23	Fco.-arcillo-arenosa
(id)	84	13	3	Arenoso-franca
Humedal	26	40	34	Franco-arcillosa
Manglar	59	29	12	Franco-arcillosa

Tabla 9. Caracterización de la humedad edáfica mediante Valores de pF expresados como porcentaje en volumen.(% medios).

Unidad de Paisaje		Agua Util pF= 0	Capacidad de Campo pF= 2,5	Punto de Marchitamiento pF= 4,2
B.Coníferas	m	13,48	33,32	19,85
	<i>dt</i>	6,06	11,61	7,86
B.Nublado	m	16,3	41,99	25,73
	<i>dt</i>	6,24	8,33	5,97
B.Latifoliado	m	13,49	45,76	32,33
	<i>dt</i>	4,88	11,21	9,33
B.Seco	m	13,87	31,74	17,87
	<i>dt</i>	3,35	11,08	9,78
Manglar-Humedal	m	16,39	30,89	14,50
	<i>dt</i>	2,95	6,19	5,34

En la tabla 10 se muestran el conjunto de 28 variables ambientales estudiadas por su relevancia respecto a las características fisiográficas del territorio, la fertilidad de los suelos y la existencia de niveles de metales pesados que pueden ser perjudiciales para las plantas y animales que habitan en los ecosistemas del territorio. En esta tabla pueden verse igualmente, la importancia de las mismas en un análisis de componentes principales (ACP) realizado. Al realizar dicho análisis de componentes, se nos han mostrado las relaciones existentes entre ellas, resultando ser las que se muestran en la tabla las variables de mayor peso en los primeros ejes.

Este análisis revela que los tres primeros componentes son capaces de explicar el 55 % de la varianza del conjunto de variables estudiadas.

El primer componente explica ya, el 30% de la varianza. En la parte positiva del Eje I, destacan, como variables más importantes, y por este orden: los contenidos pseudototales de Ni, Fe, Al, Cu, Mn, Cd, Cr y Zn, junto a ellos, la altitud y el punto de marchitez. En la parte negativa de dicho eje, destacan especialmente el % de Carbonatos y, a continuación el contenido de Ca cambiabile.

El Mn es uno de los metales más importantes, en cuanto a funciones directas, sobre el desarrollo de la fertilidad y de las enfermedades de las plantas (Gram y Webb, 1991). Varios procesos vinculados al comportamiento de la fertilidad y de la salud vegetal, han sido vinculados con la disponibilidad de este elemento. Mientras que el Zn actúa directamente sobre la estabilidad de la pared celular, por lo tanto reduciendo la presencia de exudados que podrían atraer a patógenos que tendrían efectos indirectos en el desarrollo de enfermedades (Yamada, 2005); aunque otros autores no describen efectos directos de su aplicación, sino a través de una mejora en el crecimiento de las raíces de las plantas. Cromo y Níquel son conocidos por su influencia geoquímica

(Hanesch et al., 2001), mientras que suele decirse que el Cadmio es típicamente de influencia antrópica (Rodríguez Martín, 2006), pero no parece ser éste el caso, en el territorio que nos ocupa; según diversos trabajos (Romic y Romic, 2003) la asociación entre estos metales con factores del análisis de componentes principales, puede indicar tanto una influencia (antrópica o geoquímica) como otra, en relación a estos elementos. En la provincia de Pedernales, las concentraciones de Cu y de Cd, pueden atribuirse, en un principio, a la influencia de la roca madre. Sin embargo, prácticas comúnmente utilizadas en la agricultura, pueden asimismo generar un aumento de estos metales en la capa superficial de los suelos, como también han expresado otros autores (Mantovi et al, 2003). Así, en ciertos de los agroecosistemas de la zona, los metales pesados pueden además llegar a los suelos, por la aplicación de algunos abonos naturales, líquidos o sólidos, o bien a través de fertilizantes inorgánicos de bajo precio. Estas prácticas suponen habitualmente, una importante fuente de metales pesados, particularmente respecto al Cu y al Cd (Nicholson et al., 2003).

Tabla 10. Análisis de Componentes Principales (PCA). Variables edáficas, relacionadas con la fertilidad, metales pesados, y topografía, obtenidas de las 79 muestras de suelos analizados. Factores de carga (Factor Loadings).

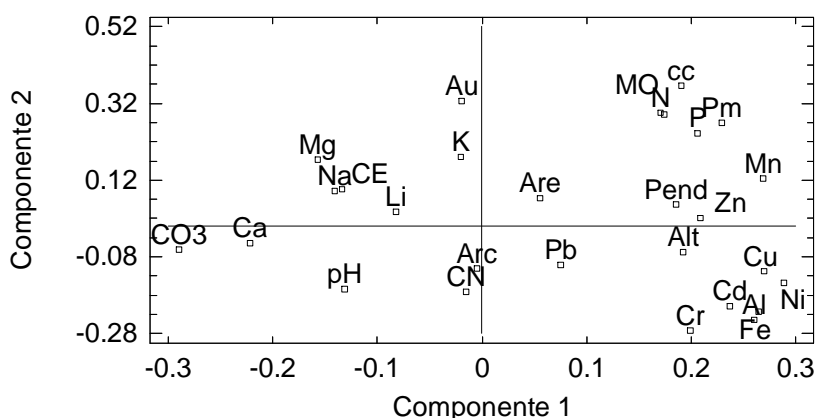
VARIABLES ambientales	Factor 1 (PC ₁)	Factor 2 (PC ₂)	Factor 3 (PC ₃)
Altitud m	0.211448	-0.039021	-0.174444
Pendiente %	0.197347	0.081274	-0.075465
Materia Orgánica	0.16825	0.298124	0.095469
N total %	0.163328	0.298839	0.285238
Razón C/N	-0.010596	-0.171749	-0.244514
pH	-0.141068	-0.193988	0.231193
P total	0.201037	0.247986	0.148164
CO ₃ %	-0.302729	-0.088817	0.182459
Conduct. eléctrica	-0.144864	0.081515	-0.201123
Ca cambiable	-0.232301	-0.068732	0.287456
Mg cambiable	-0.17156	0.157768	-0.112785
K cambiable	-0.027521	0.179373	-0.073898
Na cambiable	-0.151982	0.076845	-0.19137
Fe pseudototal	0.280551	-0.208657	-0.066627
Mn pseudototal	0.269058	0.124245	-0.096177
Zn pseudototal	0.214608	0.028767	0.272117
Cu pseudototal	0.278015	-0.109723	0.10008
Cd pseudototal	0.24279	-0.208367	0.031631
Cr pseudototal	0.216913	-0.260728	-0.027022
Ni pseudototal	0.298767	-0.13852	0.019178
Pb pseudototal	0.082349	-0.098246	0.234939
Al pseudototal	0.278337	-0.226832	-0.139752
Pto Marchitez %	0.229916	0.290528	-0.132288
Capacidad de campo %	0.187269	0.38505	-0.148947
Agua útil %	-0.029336	0.328943	-0.082738
Arcilla %	0.0061859	-0.094421	-0.357023
Arena %	0.050398	0.0648062	0.40463
Limo %	-0.090038	0.0274389	-0.154865

El segundo componente absorbe el 14,3% de la varianza. Lo más relevante son, con mucho, las variables relacionadas con la capacidad de retención de agua de los suelos: capacidad de campo, punto de marchitez y agua útil, seguidas de tres variables,

íntimamente relacionadas con la fertilidad de los suelos, como son los % de M.O. y N total de los suelos y el contenido de P. En la parte negativa del eje, siguen teniendo relevancia algunos de los metales Cr, Al, Fe y Cd.

Las concentraciones de M.O, N total y P, junto a los micronutrientes en un solo componente, demuestra la relación que existe entre ellos. Como es bien conocido estos nutrientes son junto al K (NPK), fundamentales para la fertilidad de los suelos. Deficiencias o excesos en ellos, causan problemas en el desarrollo de las semillas y calidad de las siembras (Ploper, 1999). Según Hartman y col. (1999), las óptimas condiciones de fertilidad de los suelos, en particular respecto al P y N, son muy importantes para lograr además un mejor manejo de posibles enfermedades de los cultivos.

Figura 2. Análisis de Componentes Principales (PCA). Relación entre las variables edáficas obtenidas de 79 muestras de suelos analizados y los factores PCA.



En la Figura 2, se muestra la agrupación de las variables en el I y II Ejes. El 3° componente, no se expone en la figura y presenta una carga del 10.6 %. La pendiente, el % de limo y el contenido de K cambiante fueron las variables ambientales menos relevantes de entre todas las estudiadas

Conclusiones

La bibliografía consultada en lo referente a los suelos de la Reserva de la Biosfera *Jaragua-Bahoruco-Enriquillo* es muy escasa y no aporta por lo general datos de aspecto cuantitativo en relación a este recurso natural que es básico para una gestión acorde con un desarrollo sostenible en este territorio.

Este trabajo contribuye al conocimiento de los suelos mediante la caracterización de su capa superficial. El horizonte edáfico superficial es importante en suelos de tipo *entisol*, en donde se enmarcan gran parte de los suelos de los ecosistemas de bosque tropical de la única Reserva de la Biosfera que tiene la República Dominicana. Se destacan finalmente los elevados contenidos de Al y metales pesados. Del análisis de componentes principales se deduce que, independientemente de la fuente de origen de los mismos, los metales pesados pueden pasar a la componente autótrofa de los

ecosistemas sobre ellos desarrollados, y llegar a dañar al hombre y a los animales, a través de la cadena alimentaría.

Agradecimientos. Esta investigación está siendo financiada mediante el Programa EIADES de la CAM; el Proyecto CTM2005-02165/TECNO del Ministerio de Educación y Ciencia, así como, en su principio, por parte de un Proyecto financiado por el M^oMA.

Referencias bibliográficas

- Cámara, R. 1997. *Geografía Física de la República Dominicana*. Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla.
- Gram, R.D; Webb, M.J. 1991. Micronutrients and disease resistance and tolerance in plants. *Soil Science Society of America*. 2nd edition:329-370.
- Guissani, L. M.; Collantes, M.B. 1997. Variación fenotípica en el complejo *Poa ridifolia* asociada al efecto del pastoreo ovino y al ambiente en Tierra del Fuego, Argentina: Consecuencia taxonómica. *Revista chilena de Historia Natural* 70: 421-434.
- Hanesch, R.S., Dekkers, M.J. 2001. The application of Fuzzy C-Means cluster analysis and non-linear mapping to a soil data set for detection of polluted sites. *Physical Chemical Earth Sciences*, 26: 885-891.
- Hartman, G.L., Sinclair, J., Rupe, C. 1999. *Compendium of soybean diseases*. Aps Press, St Paul (Mn, USA).
- Hernández, A. J.; Pastor, J. 1989. Técnicas analíticas para el estudio de la interacción suelo-planta. Henares, *Revista de Geología*, 3: 67-102.
- Hernández, A. J.; Alexis, S.; Pastor, J. 2005. Contribución al estudio de la degradación de los suelos de los bosques tropicales de la provincia de Pedernales (República Dominicana). En: Jiménez-Ballesta, R.; Álvarez-González, A. M. (eds). *Control de la Degradación de Suelos*: 173-178. Ed. Consejería de Economía e Innovación Tecnológica, CAM, Madrid.
- Hernández A. J.; Vizcayno C.; Alexis S.; Pastor, J. 2006. Procesos antropodérficos frecuentes en la reserva de la biosfera *Jaragua-Bahoruco-Enriquillo* (Rep. Dominicana). En: J. F. Gallardo, editor. *Medioambiente en Iberoamérica. Visión desde la Física y la Química en los albores del Siglo XXI*, pp. 223-229. Diputación de Badajoz, Badajoz (España),
- Lakanen E. & Ervio, R. 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. *Acta Agricultura Fennica*, 123: 223-232.
- López-Hernández, D.; López, A. Y.; Hernández-Valencia, I. Ojeda, A.; Hernández, C. 2006. Impacto de la fertilización orgánica sobre indicadores de calidad de suelos en granjas agroforestales localizadas en el Amazonas venezolano. *Actas Resúmenes IV Congreso Iberoamericano de Física y Química Ambiental*. CYFYQA, Salamanca, España.
- Mantavi. P.; Bonazzi, G.; Maestri. E.; Marmiroli, N. Accumulation of copper and zinc from liquid manure in agricultural soil and crop plants. *Plant and soil* 250: 249-257.
- MOPU, 1990. *Desarrollo y Medio Ambiente en América Latina y el Caribe. Una visión evolutiva*. Ministerio de Obras Públicas, Madrid, España.
- Nicholson, F.A.; Smith, B.J.; Alloway.C.; Carlton-Simith.C.; Chambers B.J. 2003. An inventory of heavy metal input to agricultural soil in England and wales. *Science of the Total environment* 311: 205-219.
- OEA. 1967. *Reconocimiento y Evaluación de los recursos naturales de la República Dominicana*, Washington, USA.

- Ploper, L.D. 1999. Uso de fungicidas para el manejo de enfermedades en el cultivo de soja. *Jornadas de intercambio técnico de Soja*. AAPRES 1D: 74-80.
- Rodríguez Martín, J.A.; López Arias, M.; Grau Corbi, J.M. 2006. Heavy metals contents in agricultural topsoils in the Ebro basin (Spain). Application of the multivariate geostatistical methods to study spatial variations. *Environmental Pollution*, 144, 1001–1012.
- Romic, M.; Romic, D. 2003. Heavy metal distribution in agricultural topsoils in urban area, *Environmental Geology* 43: 795-805.
- SEMARN 2004. (*Reserva de la Biosfera Jaragua Bahoruco Enriquillo, Santo Domingo, República Dominicana*. Secretaría de Estado para el Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Tolentino, L.; Peña, M. 1998. Inventario de la vegetación y uso de la tierra en República Dominicana, *Moscosa*, 10: 179-200.
- Yamada, T. 2005. Simposio discute relações entre nutriçã mineral de plantas e outros fatores abióticos e a incidência de doenças de plantas. *Informações Agronomicas* 109: 8-13.

5. PARÁMETROS CUANTITATIVOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA EROSIÓN DE SUELOS TROPICALES DOMINICANOS

Resumen

El territorio tropical no es muy idóneo para la obtención de resultados relativos a la erosión de los suelos aplicando diseños experimentales de parcelas en campo para la valoración de sedimentos después de las lluvias en suelos con y sin vegetación. Además, para el caso del territorio donde se lleva a cabo el estudio que se presenta en este trabajo, la metodología indicada se hace prácticamente imposible por falta de medios económicos y de logística de laboratorios. Sin embargo, se ha optado por acercarse a cuantificar, en la medida de lo posible, el proceso erosivo. Para ello la capa superficial (0-20 cm) de los suelos de diferentes tipos de bosques tropicales húmedos y secos presentes en la provincia de Pedernales (República Dominicana), naturales y cultivados, ha sido evaluada mediante algunos parámetros relacionados con los procesos de erosión: porcentajes del tamaño de partículas (diferentes tipos de tamaño de arenas, además de limo y arcilla), índice de inestabilidad estructural de los agregados (Is), índice de degradación física del suelo, índice de erodibilidad e índice de erosionabilidad.

Los resultados se presentan comparando estos parámetros en 79 muestras analizadas según las unidades paisajísticas (bosques) y también atendiendo a las litologías predominantes en los mismos (calizas cristalinas, calizas carbonatadas sobre alteritas y calizas coralinas).

Palabras clave: agregados, inestabilidad estructural, erodibilidad, erosionabilidad

Introducción

La adopción de estrategias que aseguren el uso sostenible del suelo ha sido un objetivo bien definido en la última década por lo que se refiere al manejo de los recursos naturales. Sus postulados tienen que ver con mantener la calidad del suelo, procesos y diversidad. Hoy, el problema de la erosión de los suelos se considera como un tipo de gran degradación en términos ambientales y de ámbito global. La degradación de los suelos genera impactos sobre la calidad del agua, la productividad agrícola, el movimiento de contaminantes, la diversidad ecológica, la modificación de los cauces fluviales y en los efectos de las inundaciones (Morgan, 1997).

También es suficientemente conocido el hecho de que cualquier actividad antrópica mal gestionada, puede romper el frágil equilibrio formado por la vegetación y el suelo, modificada siempre esta interacción por el clima y las características litológicas de la zona (López & Roquero, 1999; Smith, 2003; Foster *et al*, 2003; Sheil and Burslem, 2003). Según Moreira (1991), la erosión es un fenómeno que puede ser cuantificado o cualificado. En el primer caso, se utilizan ecuaciones que estiman las pérdidas en Tm/ha/año, entre las que se destaca la USLE, con diferente adaptación de sus parámetros a las particularidades locales. En el segundo caso, los métodos están dirigidos fundamentalmente a establecer una gradación en el estado de erosión de una zona, con objeto de habilitar estrategias de protección. Teniendo en cuenta que los procesos de erosión conocen una inherente variabilidad, que puede ser atribuida a factores que dependen del azar en una escala regional (Govers, 1991), se han distinguido en líneas generales factores erosivos externos (erosividad y clima), intrínsecos (erodibilidad) y del paisaje (pendientes y cobertura vegetal), según se expone en el trabajo de Rocha (1991). Realmente la erosión resulta de la interacción

entre el poder erosivo del agua y la erodibilidad (Finkel, 1986). La erodibilidad, junto con la erosividad causada por aguaceros, son dos factores físicos importantes porque afectan a la magnitud de la erosión (Lal y Elliot, 1994).

Actualmente resulta evidente, que la causa fundamental de la erosión es la actuación de las lluvias sobre distintos tipos y condiciones del suelo. Es lo que en términos cuantitativos se expresa como $Erosión = F$ (Erosividad x Erodibilidad), (Hudson, 1982). En trabajos anteriores realizados para el conocimiento de los suelos de la provincia de Pedernales (República Dominicana) se han expuesto esencialmente las características relacionadas con la química de su capa superficial (Hernández et al., 2006 y 2007a). Ahora nos proponemos abordar algunos aspectos físicos, especialmente relacionados con los procesos erosivos. Ambas cuestiones son consideradas básicas a la hora de ser tenidas en cuenta para el manejo sostenible de este recurso natural que es el suelo.

Material y métodos

Los descriptores del área de estudio pueden encontrarse en Hernández et al. (2007b) y Alexis et al. (2007). Las muestras de suelo corresponden a las unidades de paisaje natural (bosques tropicales de coníferas, latifoliados y secos, en su gran mayoría), así como a los agroecosistemas representativos de los usos que se dan después de la deforestación y tala de esos bosques (para implantar en ellos pastos y cultivos) o para la extracción de bauxita y caliza.

Las muestras una vez secadas al aire y tamizadas se han analizado para estudiar en ellas diferentes parámetros. Se ha medido el volumen de las diferentes partículas del suelo con un equipo Mastersizer-S de banco largo (modelo Malvern Instrument Ltd., 1997), que utiliza una metodología de difracción y dispersión de luz láser. Este análisis se realiza por vía seca y húmeda y su metodología es análoga a la que se describe en Beuselinck et al. (1999).

Por vía seca se pueden utilizar muestras menores de 3,2 mm y por vía húmeda sólo se admiten muestras tamizadas por 2 mm. El rango de medida es de 0,05 a 3500 μm y dispone de un tanque de dispersión que permite realizar este proceso mediante un agitador rotatorio y un ultrasonido con control de intensidades y tiempo, añadiéndose a la cubeta de dispersión 10 cm^3 de una solución de hexametáfosfato y carbonato sódico en las proporciones estándar, dejándolo actuar durante 5 minutos antes de realizar la medida. Anteriormente se procede a la determinación del tiempo necesario para conseguir una completa dispersión de la muestra. Los resultados obtenidos no son de tipo conteo, sino acumulativos respecto a cada uno de los rangos determinados por el conjunto de sensores que dispone el aparato.

En el momento del tamizado se recogen a la vez agregados y arenas que tienen un diámetro mayor de 0,2 mm. El valor calculado es una imagen de la resistencia de los propios agregados. Se ha visto que la apreciación debía completarse con una medida del porcentaje de las partículas inferiores a 20 μm presentes en la suspensión. Se utiliza el símbolo I_s , que expresa la inestabilidad de los agregados del suelo, y que es tanto más elevado cuando la estructura es menos estable.

Se han calculado los siguientes índices: *Degradación física del suelo* (FAO, 1980) utilizando una fórmula en la que se tienen en cuenta los porcentajes de materia orgánica y de la arcilla más el limo, según la ecuación siguiente:

$$\text{Degradación física} = \frac{\text{M.O.} \times 100}{\% \text{arcilla} + \% \text{limo}}$$

Ha sido calculada la Erodibilidad, o pérdida de suelo, mediante la expresión siguiente:

$$\text{Erodibilidad} = \frac{0.43 + 0.30S + 0.043 S^2}{6.613}$$

Siendo S, la pendiente (en porcentaje).

La Erosionabilidad se calcula después de haber realizado el análisis tradicional de la granulometría, mediante el cociente entre el limo y la arcilla.

Resultados y discusión

Un estudio profundo del tamaño de partículas edáficas es importante para determinar aspectos relacionados con la estabilidad de los suelos. Aunque las técnicas de tamizado y sedimentación han sido usadas, y lo siguen siendo ampliamente para su caracterización, las técnicas modernas utilizando el láser, ofrecen muchas ventajas, desde exigir volúmenes bajos de suelos, a la rapidez del análisis o reproducibilidad de resultados. El equipo Mastersizer-S que hemos utilizado nos ha dado la posibilidad de analizar las muestras por vía húmeda (tablas 1 a, b, c, d y e) y por vía seca (tablas 2 a, b, c, d y e), teniendo en cuenta que la difracción por láser analiza las partículas edáficas por su volumen.

La vía húmeda es siempre preferible cuando se trata de muestras de tamaño muy pequeño (de 1 μ o menos), o cuando el medio acuoso (que se acompaña a veces de un dispersante, y como en nuestro caso, de ultrasonidos) es necesario para romper los agregados. Es pues la técnica más pertinente para estudiar la granulometría de suelos.

La vía seca es adecuada cuando no se necesita, o no interesa, una acción dispersante adicional. La muestra, tamizada previamente por el tamiz de 2 o 3 mm, se mide durante su caída libre, y por ello lee tanto tamaños de partículas individuales dispersas, como posibles microagregados (< 76 μ m) y macroagregados existentes (2000-194 μ m).

Es un hecho que la distribución del tamaño efectivo (no dispersado) de los materiales edáficos, juega un importante papel en relación al transporte por el agua o por el viento, y su conocimiento nos puede dar luz sobre los procesos erosivos sufridos (Walling, 1990).

Los resultados obtenidos permiten observar cuales son los tipos de partículas que acusan mayores diferencias entre el uso de los suelos y su estado natural, según las distintas unidades paisajísticas.

Así, por ejemplo, los porcentajes de arcilla y limo son más bajos cuando se deforesta el bosque nublado para usos agrícolas o pastos (tabla 1-b). No obstante todos los resultados obtenidos con esta técnica, deberán ser estudiados con más detalle, en relación a una mejor interpretación de los mismos.

Slattery and Burt (1995), incidieron en que la mayoría de los sedimentos erosionados de los suelos agrícolas, están originados y compuestos por pérdidas de agregados. Beuselinck et al. (1999) evaluaron metodológicamente la microagregación usando

también difractometría láser. Así mismo, Westerhof et al. (1999), estudiaron asimismo, por esta misma técnica la agregación de partículas en relación al encharcamiento y el encalado de suelos en la región del Cerrado (Brasil).

Teniendo en cuenta los principales tipos de litologías presentes en las distintas unidades del paisaje de Pedernales (Hernández et al., 2008), se muestran los valores de los agregados de partículas del suelo en agua (figura 1), así como por las distintas unidades paisajísticas del territorio (figura 2).

Tabla 1. Porcentajes de fracciones granulométricas obtenidas por vía húmeda para los suelos de las distintas unidades paisajísticas.

Tabla 1-a

Fracciones Granulométricas	Bosque de Coníferas	
	SIN USO	CON USO
Arcilla <0,002	11.04±1.42	30.21±9.87
Limo 0,002-0,02	22.90±0.96	36.89±8.04
Arena Fina 0,02-0,05	17.90±3.50	20.36±6.32
Arena fina A 0,05-0,1	8.15±2.76	4.04±0.12
Arena fina B 0,1-0,2	2.62±1.07	1.82±1.27
Arena Med. 0,2-0,5	4.41±2.29	3.27±2.02
Arena Grue. 0,5-1	15.00±1.85	1.79±0.86
Arena muy Gr. 1-3,2	16.97±10.71	0.13±0.10

Tabla 1-b

Fracciones Granulométricas	Bosque Nublado	
	SIN USO	CON USO
Arcilla <0,002	15.17± 12.04	8.75 ± 2.05
Limo 0,002-0,02	30.16 ± 14.89	23.94 ± 2.55
Arena Fina 0,02-0,05	12.20 ± 4.23	18.41 ± 0.36
Arena fina A 0,05-0,1	3.49 ± 1.65	9.52 ± 1.29
Arena fina B 0,1-0,2	2.97 ± 3.04	2.54 ± 0.77
Arena Med. 0,2-0,5	10.40 ± 12.48	4.39 ± 1.84
Arena Grue 0,5-1	15.65 ± 10.65	20.06 ± 3.63
Arena muy Gr. 1-3,2	11.40 ± 9.94	11.80 ± 5.61

Tabla 1-c

Fracciones Granulométricas	Bosque Latifoliado	
	SIN USO	CON USO
Arcilla <0,002	14.04±8.98	15.81±3.91
Limo 0,002-0,02	35.11±14.11	37.70±4.24
Arena Fina 0,02-0,05	15.48±6.15	26.40±3.70
Arena fina A 0,05-0,1	4.42±1.59	7.02±7.02
Arena fina B 0,1-0,2	1.89±1.47	1.18±0.57
Arena Med. 0,2-0,5	6.75±7.40	2.78±2.12
Arena Grue 0,5-1	10.22±9.39	4.84±3.54
Arena muy Grue. 1-3,2	8.38±7.76	3.33±6.11

Tabla 1-d

Fracciones Granulométricas	Bosque Seco	
	SIN USO	CON USO
Arcilla <0,002	8.81±5.24	13.36±8.78
Limo 0,002-0,02	31.65±6.56	33.55±12.79
Arena Fina 0,02-0,05	21.19±5.83	15.09±7.68
Arena fina A 0,05-0,1	6.98±2.70	3.94±0.99
Arena fina B 0,1-0,2	1.96±1.59	2.24±1.24
Arena Med. 0,2-0,5	4.22±2.18	9.00±7.07
Arena Grue 0,5-1	11.24±5.23	15.63±11.60
Arena muy Grue 1-3,2	10.47±6.30	6.32±7.61

Tabla 1-e

Fracciones Granulométricas	Humedales
Arcilla <0,002	14.26±7.98
Limo 0,002-0,02	24.71±8.99
Arena Fina 0,02-0,05	8.53±1.59
Arena fina A 0,05-0,1	3.88±1.35
Arena fina B 0,1-0,2	2.42±1.46
Arena Med. 0,2-0,5	11.12±0.71
Arena Grue. 0,5-1	17.90±7.03
Arena muy Grue. 1-3,2	16.16±11.51

A continuación, presentamos los resultados obtenidos por vía seca, que recogen indistintamente partículas edáficas, microgregados y macrogregados. En la Tabla 2 a, b, c, d y e, se muestran estos resultados.

Tabla 2. Porcentajes de las fracciones granulométricas obtenidas por vía seca para los suelos de las distintas unidades paisajísticas.

Tabla 2-a

Fracciones (Tamaños)	Bosque Coníferas	
	SIN USO	CON USO
<0,002	0.02±0.02	0.01±0.01
0,002-0,02	7.01±2.86	3.45±1.70
0,02-0,05	5.42±0.43	3.75±0.97
0,05-0,1	6.68±0.17	9.41±0.09
0,1-0,2	16.945±0.225	25.52±2.01
0,2-0,5	31.92±3.49	33.00±1.13
0,5-1	17.645±0.075	13.60±1.21
1-3,2	14.255 ±0.395	11.27±0.83

Tabla 2-b

Fracciones (Tamaños)	Bosque Nublado	
	SIN USO	CON USO
<0,002	0.06±0.05	0.02±0.01
0,002-0,02	7.68±2.63	7.39±0.78
0,02-0,05	5.17±1.63	4.90±0.93
0,05-0,1	7.52±3.71	8.63±1.79
0,1-0,2	17.38±7.58	21.01±2.00
0,2-0,5	26.10±8.07	32.89±2.36
0,5-1	15.52±6.76	15.67±2.50
1-3,2	20.52±12.05	9.48±2.64

Tabla 2-c

Fracciones (Tamaños)	Bosque Latifoliado	
	SIN USO	CON USO
<0,002	0.03±0.04	0.01±0.00
0,002-0,02	8.24±4.14	7.07±3.19
0,02-0,05	7.11±4.41	6.22±4.71
0,05-0,1	9.69±4.16	11.43±3.31
0,1-0,2	17.41±6.17	22.75±6.85
0,2-0,5	24.47±5.45	26.67±5.76
0,5-1	14.52±5.30	13.63±3.43
1-3,2	18.41±11.38	12.13±8.03

Tabla 2-d

Fracciones (Tamaños)	Bosque Seco	
	SIN USO	CON USO
<0,002	0.07±0.10	0.04±0.05
0,002-0,02	8.14±2.75	4.90±2.75
0,02-0,05	5.40±0.45	4.05±1.60
0,05-0,1	11.97±1.00	8.91±2.80
0,1-0,2	23.29±4.77	22.37±2.59
0,2-0,5	25.12±3.38	34.93±6.73
0,5-1	13.16±2.40	16.17±2.30
1-3,2	12.81±4.14	8.63±4.15

Tabla 2-e

Fracciones (Tamaños)	Humedales
	0.02±0.01
<0,002	3.81±0.68
0,002-0,02	3.96±1.09
0,02-0,05	7.50±0.80
0,05-0,1	21.16±1.24
0,1-0,2	40.54±2.35
0,2-0,5	16.88±0.44
0,5-1	6.13±1.01
1-3,2	

Según Gómez (1999), los agregados menores de 0,5 mm son los más susceptibles a la pérdida por erosión pluvial, por lo tanto es un indicador de la estabilidad estructural de un suelo. Esto se origina especialmente por el uso y manejo que los agricultores están dando a los suelos. Como indica Lal (1982), este manejo está relacionado con el tipo e intensidad de las labores de cultivos.

Figura 1. Porcentaje medio de agregados de partículas de suelo en agua según las principales litologías del territorio.

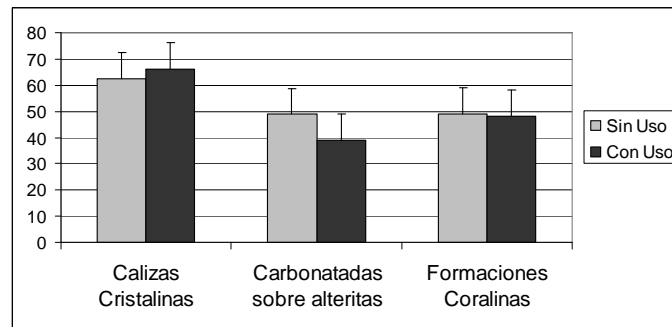


Figura 2. Porcentaje medios de agregados de partículas de suelo en agua según las unidades paisajísticas.

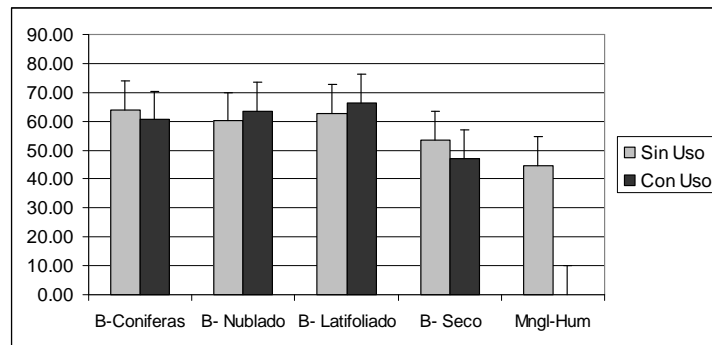
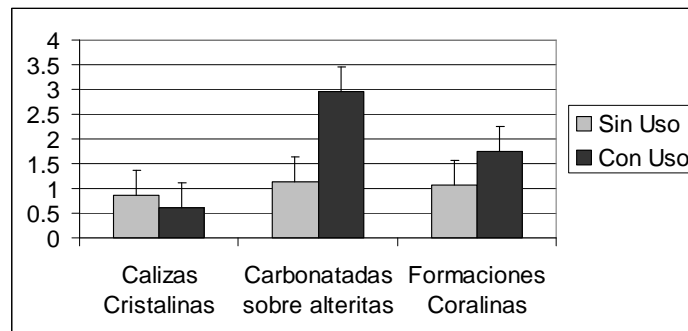


Figura 3. Índice de Inestabilidad estructural (Is) por unidades paisajísticas.



La erodibilidad del suelo es, por definición, su vulnerabilidad a la erosión considerando exclusivamente factores intrínsecos o inherentes al propio suelo. Este factor refleja un hecho evidente: que diferentes suelos se erosionan a diferentes velocidades cuando se mantienen constantes sobre ellos el resto de condiciones que afectan a la erosión. Es a la erodibilidad condicionada por las características físicas del suelo, a la que se dirigen numerosos estudios tendentes a definir paramétricamente el comportamiento de estas características y su relación con la erosión tal como se mide en campo (Moreira, 1991). Ha sido calculada la erodibilidad o pérdida de suelo mediante la primera fórmula que empleó Wischmeier, si bien hoy se calcula mediante el factor K de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo. Sus valores pueden observarse en las figuras 4 y 5. Para aproximarnos al significado de estos valores, se ha tenido en cuenta la codificación de

dicho índice expuesta en los trabajos de Giordano (1994) y de Estalrich (1994). Así, cuando sus valores se sitúan entre 1-3, podemos hablar de suelos con baja erodibilidad; entre 4-6, con esrosionabilidad media y si es de 7 u 8, nos encontramos con una alta erodibilidad.

Comparando los valores obtenidos para este índice en el territorio de estudio, y entre los sistemas de sus correspondientes unidades de paisaje naturales y con uso, (figuras 4 y 5), el bosque tropical de coníferas, el bosque seco y los manglares, muestran un índice de erodibilidad muy bajo. Mientras que los bosques nublados y latifoliados, presentan una erodibilidad mayor. Estos últimos tipos de bosque exhiben una mayor alteración debido a que se encuentran en las zonas de mayor altitud de la provincia de Pedernales, tienen pendientes mayores del 20% y en las épocas de lluvia la precipitación media es de unos 2000 mm. Todos estos factores hacen que los suelos de dichos bosques tengan un alto índice de erodibilidad.

Figura 4. Índice de Erodibilidad por unidades paisajísticas (valores medios).

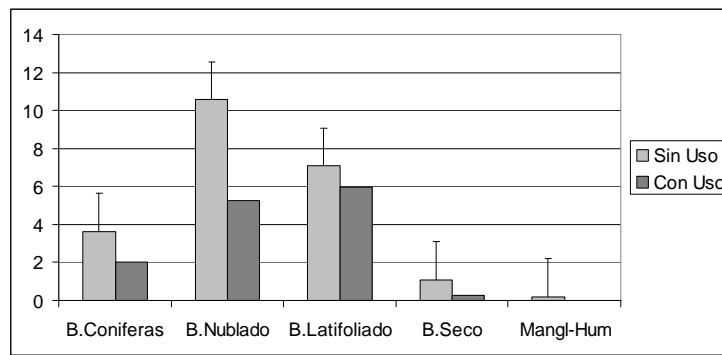
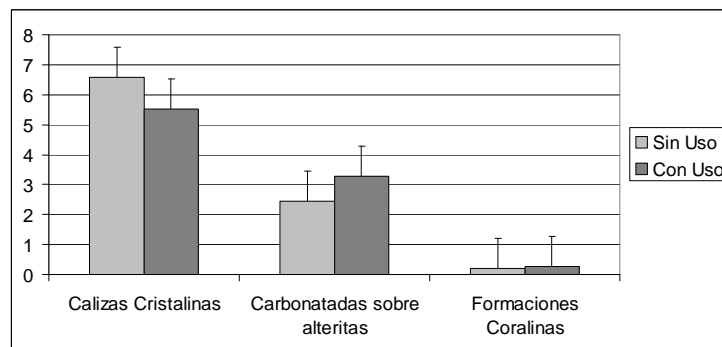


Figura 5. Índice de Erodibilidad por los grandes grupos litológicos (valores medios).



Sin embargo, cuando comparamos los resultados organizados por los principales tipos de litologías, observamos que los que se encuentran sobre calizas las carbonatadas y sobre alteritas y formaciones coralinas, presentan un índice de erodibilidad muy bajo; mientras que los suelos sobre calizas cristalinas, tienen un índice alto. Estalrich (1994), observó también que las valoraciones asignadas a grupos de litofacies, así como la jeraquización de tipos de litofacies, son función de su erodibilidad. Precisamente en nuestro caso a las clases más altas para este índice (5 y 6), corresponden los suelos de aquellos ecosistemas ubicados en litologías blandas: margas, yesos y margas arcillosas (clase 5), y para los situados en los depósitos cuaternarios, la clase 6. Dadas las litologías de los sustratos donde se sitúan nuestras muestras, parece lógico pues que tengan grandes valores de erodibilidad en las calizas cristalinas.

Los resultados del Índice de Erosionabilidad obtenidos para las 79 muestras de la capa superficial edáfica de los diferentes sistemas ecológicos de las unidades paisajísticas aludidas, así como clasificados según los tipos de litologías, quedan reflejados en las figuras 6 y 7. Como la pendiente del terreno es la característica fisiográfica que más influye en la erosionabilidad del suelo, cuando mayor es la inclinación de las laderas, menor será la posibilidad de que se infiltre el agua en el mismo, incrementando la velocidad de la escorrentía superficial. Es también en la zona del bosque nublado, que además de los factores indicados anteriormente para la misma, donde la acción humana ha alterado bastante sus correspondientes suelos, incrementando el proceso erosivo. En los diferentes ecosistemas de la zona, se observa una marcada diferencia entre los naturales y los deforestados para distintos tipos de uso. La FAO, (1980) ha definido unas clases de erosionabilidad donde los niveles de este índice por debajo de 0,5 son considerados como ligeros (clase 1), moderado y alto por encima de 2. Los suelos naturales correspondientes a las calizas cristalinas y carbonatadas, además de los ubicados sobre las formaciones coralinas con uso agrícola, presentan un índice de erosionabilidad moderado, mientras que dicho índice es más alto en los suelos con usos de los sistemas ubicados en esos mismos sustratos. Podemos afirmar que la erosionabilidad muy alta en las zonas de uso.

Figura 6. Índice de Erosionabilidad por los grandes grupos litológicos.

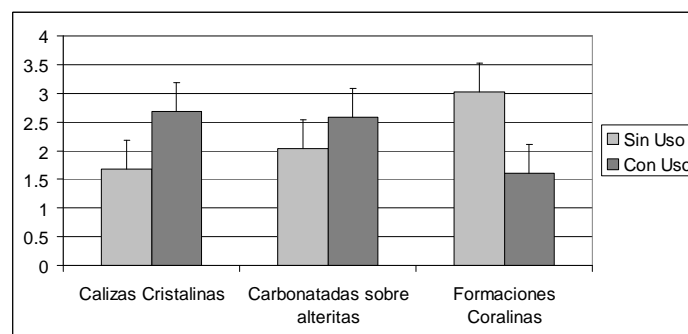
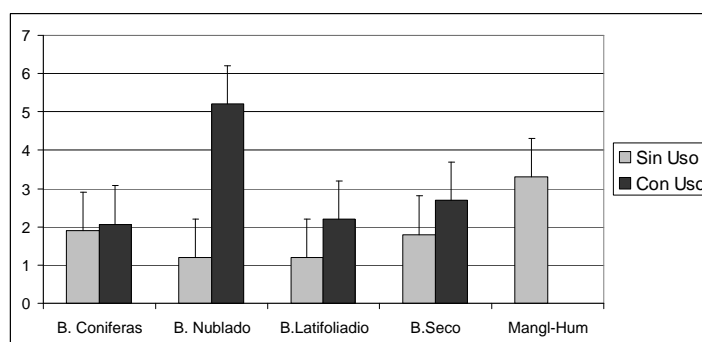


Figura 7. Índice de Erosionabilidad por unidades paisajísticas.



Se ha estudiado la degradación física del suelo en los diferentes ecosistemas y según los principales tipos de litologías, aplicando la fórmula utilizada por Valentín et al (1991), en la que se tienen en cuenta los porcentajes de la materia orgánica y de la arcilla además del limo. En las figuras 8 y 9 se muestran los valores calculados para este índice. Según se expresa en Estalrich (1994), por debajo de 5 se puede considerar una degradación física alta; entre 5-7, media y mayor de 9, baja. Según esta codificación, los suelos de la provincia de Pedernales oscilan entre un índice medio y bajo.

Figura 8. Índice de degradación física del suelo por unidades paisajísticas.

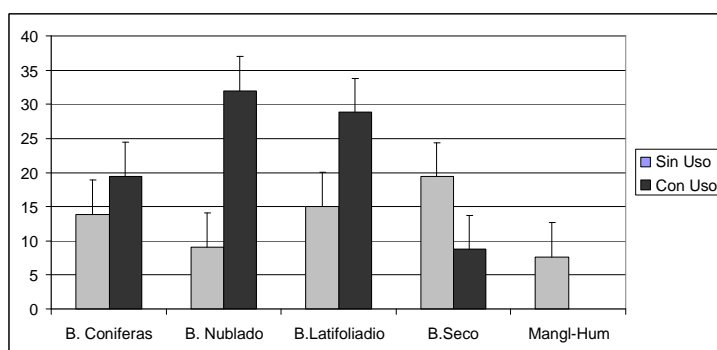
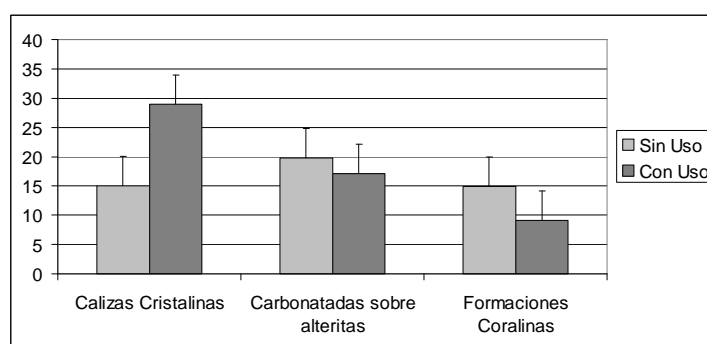


Figura 9. Índice de Degradación física por los grandes grupos litológicos



La reducción de los bosques con fines agrícolas, con técnicas de roturación, afecta a la calidad del suelo, ya que se altera la capacidad de infiltración del agua en el mismo, sobre todo en laderas con pendientes mayores de 20%. A estos efectos se suma la eliminación de la capa protectora del suelo frente a la erosión, (Duchaufour, 1987; Morgan, 1997; FAO; 2001).

En la tabla 3 se muestran los resultados de los porcentajes medios de partículas obtenidas por vía húmeda con el aparato de láser para los distintos tramos de la cuenca del río Pedernales (alta, media y baja que corresponden a 1, 2 y 3) y por país (H= Haití y RD = Republica Dominicana)..En ella se puede observar que excepto las arcillas, que tienen en nivel menos en la parte alta de la cuenca haitiana, el resto de partículas no muestra grandes variaciones.

Tabla 3. Fracciones granulométricas según los tramos de la cuenca del Pedernales y país

Granulometría	H-1	H-2	H-3	RD-1	RD-2	RD-3
Arcilla <0,002	7.94 ± 2.99	6.96 ± 2.00	12.17 ± 6.54	12.64 ± 6.44	15.75 ± 5.78	15.50 ± 9.29
Limo 0,002-0,02	40.53 ± 15.06	38.23 ± 8.05	31.20 ± 11.52	36.07 ± 11.96	36.09 ± 7.92	30.23 ± 8.49
Ar Fina 0,02-0,05	21.32 ± 2.01	21.01 ± 2.66	10.86 ± 3.17	20.92 ± 6.33	22.97 ± 5.58	12.94 ± 3.00
Ar fina A 0,05-0,1	6.93 ± 2.36	8.03 ± 1.81	5.48 ± 0.41	6.71 ± 3.27	6.38 ± 1.44	5.36 ± 1.04
Ar fina B 0,1-0,2	2.40 ± 1.54	3.21 ± 0.88	4.24 ± 0.53	1.70 ± 1.04	1.46 ± 1.19	3.15 ± 1.58
Ar Med. 0,2-0,5	3.25 ± 2.88	5.02 ± 1.19	11.62 ± 6.74	4.10 ± 2.32	3.55 ± 3.55	12.69 ± 6.93
Ar Grue 0,5-1	11.73 ± 9.90	10.82 ± 6.37	18.55 ± 12.39	10.70 ± 8.44	7.38 ± 8.38	16.31 ± 7.18
Ar m.q. 1-3,2	5.77 ± 5.63	6.58 ± 4.11	4.55 ± 4.80	6.44 ± 7.97	5.44 ± 6.98	3.04 ± 1.77

Conclusiones

Se han obtenido por vez primera resultados de tipo cuantitativo en relación a la erosión de los suelos de la provincia de Pedernales y han sido comparados según las principales unidades de paisaje en este territorio, así como a los correspondientes tipos de las litologías donde se ubican. Así mismo se muestran dichos resultados teniendo en cuenta de si se trata de suelos de los bosques sin alterar antrópicamente o naturales, o en el caso de corresponder a diferentes tipos de usos.

Entre los resultados más destacados se encuentra el hecho de haber puesto de manifiesto que hay pérdida de arcilla y limo cuando se deforesta el bosque nublado, así como el hecho de que presenta un índice de erodibilidad más alto que los suelos del bosque de coníferas (pinos en su mayoría) y del bosque seco. Por otra parte, la erosionabilidad es muy alta en todos los bosques deforestados para distintos tipos de uso.

Bibliografía

- Alexis S.; Hernández, A. J. y Pastor, J. 2007. Evaluación de la fertilidad y contaminación de los suelos de la cuenca del Pedernales (República Dominicana-Haití). *Memoria del XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, León-Guanajuato, México*: 1191-1194
- Beuselinck, L.; Govers, G. & Poesen, J. 1999. Assessment of micro-aggregation using laser diffractometry. *Earth Surface Processes and Landforms*, 24: 41-49
- Duchaufour, Ph. 1987. *Manual de Edafología*. Edición en español. Masson, S. A. Barcelona.
- Estalrich, M, E, 1994. *Estudio Ecológico de Taludes de Carretera*. Tesis doctoral. Universidad de Alcalá
- FAO, 1980. *Metodología Provisional para la evaluación de la degradación de los suelos*. Ed. FAO-UNESCO, Roma.
- FAO, 2001. *Tierras boscosas siguen disminuyendo*. Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y el Medio Ambiente. Naciones Unidas. <http://www.usemb.gov.do>
- Foster, D., Swanson F.; Aber, J., Burke, I.; Brokaw, N.; Tilman, D. & Knapp, A. 2003. The importance of land legacies to ecology and conservation. *Bioscience*. 53: 77-88.
- Finkel, H, J. 1986. The soil Erosion Process. *Semiarid Soil and Water Conservation*. Ed. CRC Press, Inc., Boca de Raton (Florida).
- Giordano, A. 1994. L'Erosion et la lutte contre l'érosion en forêts méditerranéenne, *Forêts Méditerranéenne*, XV : 12-19
- Govers, G. 1991. Rill Erosion on arable land in central Belgium: rates, controls and predictability. *Catena*, 18. 133- 155
- Hernández, A. J.; Vizcayo, C.; Alexis, S.; Pastor, J. 2006. Procesos antropo-edáficos frecuentes en la Reserva de la Biosfera Jaragua-Bahoruco-Enriquillo (República Dominicana). En: J. F. Gallardo (Ed). *Medioambiente en Iberoamérica. Visión desde la Física y la Química en los albores del Siglo XXI*. Ed. Diputación de Badajoz: 223-229.
- Hernández, A. J.; Alexis, S. and Pastor, J. 2007. Soil degradation in the tropical forests of the Dominican Republic's Pedernales province in relation to heavy metal contents. *The Science of the Total Environment*, 378: 36-41 **SIC**
- Hernández, A. J.; Alexis, S., Castelló R. y Pastor, J. 2008. Componentes del paisaje en la reserva de la biosfera Jaragua-Bahoruco-Enriquillo. En *Reserva de la biosfera Jaragua-bahoruco-Enriquillo. Itinerarios Ecológicos*. Ed. Centro Cultural Poveda
- Henin. S.; Gras, R y Monnier, G. 1982. *El peril Cultural. El estado físico del suelo y sus consecuencias agronómicas*. Ed Mundi – Prensa.

- Hudson, N, 1982. *Conservación del Suelo*. Ed. Reserté S.A, Barcelona.
- Lal, R. 1982. Effets of slope lenght and terracing on runoff and erosion in a tropical soil. *IAHS Publ. 137*: 23-31.
- Lal, R and Elliot, W, 1994. Erodibility and Erosivity. *Soil Erosion. Research Methods*. Lal, R (Ed.) Soil ans Water Conservation Society. USA: 181-208.
- López, P.M. & Roquero, A. C. 1999. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. 2dª edición. Mundi Prensa. España.
- Moreira, J. M, 1991. *Capacidad de uso y erosión de suelo. Una aproximación a la evaluación de las tierras Andalucía*. Ed Junta de Andalucía, Agencia de Medio Ambiente.
- Morgan, R.P. C. 1997. *Erosión y conservación del suelo*. Mundi Prensa. España.
- Rocha, J, S. 1991. Erosion and sedimentación processes and evaluation. *Prevention and control of landslides and other mass movement*. (Almeida – Texeira et al., eds.). Report EUR 12918 en: 21-34.
- Sheil, D. & Burslem. 2003. Disturbing hypotheses in tropical forest. *Trends in ecology and evolución. 18*: 18-26.
- Slattery, M.C. & Burt, T. P. 1997. particle size characteristics of suspended sediment in hillslope runoff and strean flow. *Earth Surface Processes and Landforms, 22*:705-719
- Smith J.H. 2003. Land-cover assessment of conservation and buffer zone in the BOSAWAS Natural Resource Reserve of Nicaragua. *Enviromental Management. 31*: 252-262.
- Valentin, Ch.; Hoogmoed, W. y Andriesse, W.1991. Maintenance and enchancement of low-fertility soils. *Internat. Workshop on “ Evaluation for Sustainable Land Manegement in the Developing World”*. Chiang Rai, Thailand, 15-21 sept: 159-187.
- Westerhof, R.; Buurman, P.; Griethuyesen, C. Vilela, L. y Rech, W. 1999. Aggregation studied by laser diffraction in relation to plowing and liming in the cerrado region in Brazil. *Geoderma, 90*: 277-290

LOS AGROECOSISTEMAS DEL TERRITORIO



1. PRESENTACIÓN DEL CAPÍTULO

El primer trabajo que se expone en este capítulo corresponde en gran parte al que fue presentado con el título “Diagnóstico de fincas agrícolas de la región transfronteriza de Pedernales (Rep. Dominicana-Haití) como partida para un diseño agroecológico”. *III Congreso Iberoamericano de Agroecología y VII Congreso SEAE Agricultura y Alimentación Ecológica*: 30 y CD con la publicación entera en pdf (9 pp), Ed. AEAE, Zaragoza, España.

El segundo artículo, no tan completo como el que ahora figura en este capítulo, se presentó en el *XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, León-Guanajuato, México, 2007*, “Evaluación de la fertilidad y contaminación de los suelos de la cuenca del Pedernales (República Dominicana-Haití), publicado en el libro de *Memorias del Congreso*: 1191-1194. Así mismo, está ya aceptado el resumen (tal como aparece en este capítulo) para el II Congreso Ibérico de Suelos, que se celebrará el próximo julio 2008 en Portugal. Así pues, lo que se presenta corresponde al manuscrito de un artículo en preparación.

Y el tercer trabajo corresponde al presentado en 2007, “Geoquímica y salud: una aproximación al estudio en ecosistemas tropicales”. *VI Congreso Ibérico de Geoquímica, Portugal*: 406-409. ISBN: 978-972-669-805. En la actualidad se encuentra aceptado en prensa digital (*e-terra Rev. de la Sociedad de Geoquímica de Portugal*), tal como se expone en este capítulo de la tesis (“Impact of geochemistry on health: an approach based on case studies of tropical ecosystems in the Dominican Republic”).



2. DIAGNÓSTICO DE LOS AGROECOSISTEMAS DE LA REGIÓN TRANSFRONTERIZA DE PEDERNALES (REPÚBLICA DOMINICANA-HAITÍ) A PARTIR DE LA INFORMACIÓN DADA POR LOS CAMPESINOS DE LA MISMA

Resumen

Se presenta el estudio de los agroecosistemas ubicados en la región transfronteriza de Pedernales (República Dominicana-Haití): la zona comprendida en la única “cuenca” importante del territorio, así como en las áreas de las *zonas núcleo*, de *amortiguamiento* y de *conectividad* de los dos Parques Naturales existentes y actualmente encuadrados en la única Reserva de la Biosfera de la República Dominicana. La información ha sido obtenida mediante un cuestionario realizado a 130 agricultores residentes en dicho territorio. Los resultados muestran los principales descriptores de más de un centenar de fincas (tamaños, cultivos, abonos, control biológico de plagas, tenencia de la tierra y usos del agua); así como otros datos relativos a características socioeconómicas y culturales de los campesinos. Estos resultados se discuten en base a dos de las cuatro estrategias de política global para la reducción de la pobreza: la agroecología aplicada al desarrollo y la gestión medioambiental. Ambas son consideradas de enorme interés para esta región que tiene uno de los mayores índices de pobreza en el país dominicano y que es extrema en el lado haitiano.

Palabras clave: Agroecosistemas, percepción campesina, cuenca hidrográfica, sostenibilidad

Introducción

En un trabajo anterior (Alexis *et al.*, 2005) se han expuesto las principales características de la provincia de Pedernales, tales como: la ubicación de sus municipios y otros asentamientos humanos en un territorio de paisaje rural que se haya englobado en la única Reserva de la Biosfera en República Dominicana, Jaragua-Bahoruco-Enriquillo; el tener el más alto nivel de pobreza en el país dominicano (que afecta a un 75% de las familias); constituir una de las principales zonas fronterizas entre la República Dominicana y Haití, y ser el área más afectada por los huracanes y tormentas tropicales. Convencidos de que la comprensión de los agroecosistemas es totalmente necesaria para determinar los sistemas eficaces en agricultura (Mäder *et al.*, 2006), nos ha llevado a abordar diferentes aspectos de los mismos en una de las zonas más interesantes de este territorio, que es la constituida por la cuenca del río Pedernales. El trabajo se propone mostrar aquellos resultados obtenidos a través de la percepción campesina de los usuarios de esta cuenca

Material y métodos

El gradiente altitudinal de las fincas objeto de esta investigación va desde los 1300 a 5 m sobre el nivel del mar Caribe. Se ha considerado como parte alta de la cuenca al territorio comprendido entre los 700 y los 1.300 m; la parte media, desde los 300 a los 700 m y la parte baja, con menos de 300 m. Esta división se ajusta esencialmente a los tipos de bosque tropical predominantes en estas altitudes: Bosque húmedo de la Sierra de Bahoruco, Bosque latifoliado y Bosque seco del Parque Nacional Jaragua, respectivamente. Dos estaciones secas ocurren en la cuenca: una de noviembre a abril y

otra de junio a julio, siendo el período comprendido entre agosto y octubre el de mayor precipitación.

Se diseñó un cuestionario que permitiera poder utilizar la información directa obtenida de los campesinos de esta cuenca hidrográfica, según criterios expuestos en Taylor y Bogdan (1996) y Alvira (2004). Muchas de las cuestiones hacen referencia a los principales determinantes que son utilizados en la Evaluación MESMIS para caracterizar los agroecosistemas (Mesera et al., 1999). Este cuestionario fue rellenado por 130 agricultores, uno por cada una de las fincas elegidas a cada lado de la cuenca (República Dominicana y Haití), a modo de entrevista *in situ*.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se muestran aquellos descriptores globales de todas las fincas estudiadas. Los propietarios lo son solamente de las fincas pequeñas (alrededor de una Ha), con una agricultura prácticamente de abastecimiento familiar. De ahí que utilicen lo que ellos llaman “rotación de cultivos” y que no es otra cosa que sembrar en la misma parcela distintos cultivos siguiendo el ciclo de lluvias en el territorio, pero manteniendo casi constantemente el regadío. Esto ocurre porque los productores no poseen recursos para pagar insumos químicos (muy costosos), utilizando por tanto la mano de obra familiar.

Cuadro 1. Descriptores globales de las 130 fincas estudiadas en la Cuenca del río Pedernales (Región transfronteriza República Dominicana-Haití).

TAMAÑO (Ha)	40% = fincas < 2 Ha; 25,1% = fincas entre 3 y 5 Ha; 20,9% = fincas entre 6 y 10 Ha y un 14% > de 15 Ha
TENENCIA DE LA TIERRA	Propietarios = 63,4%; arrendatarios; Arrendatarios = 21%; Cooperativas = 3,6 %; Parceleros sin título = 12%
SOLO MONOCULTIVO	Café = 37,3 % ; Maíz = 22,4 %; Plátanos = 22,6 % Habichuelas = 17,7 %
POLICULTIVO	Habichuela + Maíz = 44%; Café +Plátano + Sorgo = 41 %; Sorgo + Plátano + Yuca = 15 %
USO DE ABONO ORGÁNICO	No abona = 6%; Abono verde = 41 %; estiércol = 29,5%; compost propio de restos orgánicos = 24,5 %;
CONTROL BIOLOG. PLAGAS	No tienen = 79,8%; trampas = 11,2%; Producto de origen vegetal (Nin, especialmente) = 9%
INSUMOS QUÍMICOS	Uso de herbicidas = 43 % ; uso de fertilizantes = 38,4 %

Estos sistemas de producción son frecuentemente vistos de forma negativa por la baja productividad de los cultivos, en comparación con los sistemas de monocultivo, con alto uso de insumos (fincas >15 ha), donde se cultiva por lo general café. En casi la mayor parte de la cuenca los campesinos muestran una alta susceptibilidad por lo que se refiere al cociente producción/precio.

Hay más fincas haitianas en la parte alta y baja de la cuenca que dominicanas (tabla 1), cuestión que se invierte para el caso de la cuenca media. Esto incide en la deforestación, tala y quema de los bosques, como puede observarse en la tabla 2. Por otra parte, el hecho de haber en la actualidad 14 fincas en la parte alta ubicadas por tanto, en una zona núcleo de la Reserva de la Biosfera dominicana, y 41 en una zona de amortiguamiento de la misma, en las que se lleva a cabo un manejo de labrado más utilización de herbicidas en más de la mitad de esas fincas (58,5 % del total recogido en los 130 cuestionarios), deberá ser tenido en cuenta para cambiar este manejo hacia estrategias

de agricultura ecológica (orgánica según la terminología latinoamericana), si se opta por mantener este tipo de uso.

Además, son muchas también las fincas ubicadas en laderas (por encima del 25 % de pendiente) en las partes alta y media en toda esta área transfronteriza. Lógicamente, los campesinos perciben la erosión que sufren sus tierras (tabla 3).

Tabla 1. Número total de fincas en cada una de las zonas en que se divide la cuenca del río Pedernales.

Fincas	C. Alta	C. Media	C. Baja
Zona Dominicana	14	41	14
Zona Haitiana	26	14	21
Tipo de Bosque tropical manejado	Húmedo de coníferas	Latifoliado	Seco
Posición en zonificación Reserva Biosfera R. D.	Núcleo	Amortiguamiento	Agricultura intensiva

En la tabla 3 hemos especificado las categorías de manejo para exponer mejor la realidad que presenta la agricultura de esta cuenca. Las asociaciones de cultivos, cultivo múltiple o sistemas de policultivo según Altieri, (2001), son sistemas en los cuales dos o más especies de vegetales se plantan con suficiente proximidad espacial para dar como resultado una complementariedad (Cánovas *et al.*, 1993). Por tanto, presentan múltiples ventajas frente al monocultivo, entre las que se pueden enumerar las siguientes: mejor aprovechamiento de la tierra, del espacio y del agua; disminución de los problemas fitosanitarios; menor afluencia de malas hierbas, debido a que el suelo queda rápidamente cubierto por los cultivos.

Así pues diremos que el policultivo o diversidad de cultivos, es el tipo de manejo que se da en una misma finca a lo largo de todo el año, mientras que la rotación está relacionada con la siembra y recogida de cultivos diferentes en la misma parcela.

En la cuenca alta las condiciones climáticas favorecen una buena cobertura vegetal, pero el avance de la agricultura en las laderas, sin prácticas adecuadas de manejo, se convierte en una de las causas significativas de degradación de los suelos, (Hernández *et al.*, 2005), y que los agricultores identifican como “fincas empobrecidas”. Sin embargo, esta terminología no solo está relacionada con la erosión, sino también con el bajo nivel de fósforo en el suelo de cultivo (Alexis *et al.*, 2007). Hemos comprobado que casi un 30% de los agricultores de esta zona utilizan fertilizantes químicos para aportar este elemento a fin de remediar esta situación.

Por otro lado, pensamos que la práctica de añadir estiércol es bastante indiscriminada, ya que no se tiene en cuenta los valores de materia orgánica en los suelos y que, como puede observarse en las tablas 2 y 3, suele presentar valores relativamente altos en las fincas de la cuenca media. Además, el estiércol está considerado ya en varios sitios de Europa, como un contaminante más que una riqueza para el suelo (SEAE, 2006), cuestión ésta de capital importancia dado que la ganadería en el territorio no es tampoco ecológica. Sin duda, estamos ante otra situación que deberá ser más investigada al tratarse de un espacio protegido.

Solamente algunos de los agricultores utilizan prácticas de control biológico de plagas, con la plantación de algunos árboles como el *nim*. Sin embargo, son bastantes los que dicen percibir contaminación en las aguas, debido a que son utilizadas para el riego de la mayoría de los cultivos, esencialmente en la parte baja de la cuenca (tabla 3). Este dato hizo plantearse el análisis químico de algunos de estos pozos. Así pues ésta deberá ser también otra cuestión para investigar en lo sucesivo. Otros resultados relacionados con el manejo de los suelos se muestran en la tabla 4.

Tabla 2. Sistemas de manejo en las fincas (Porcentajes de fincas -%-; RD = fincas dominicanas, H = fincas haitianas; 1, 2 y 3, posición en las partes alta, media y baja de la cuenca).

Manejo	RD -1	RD - 2	RD - 3	H -1	H -2	H -3
Monocultivo	50	19,5	30,5	11,5	0	13,6
Policultivo	50	80,5	69,1	89	100	75,4
Rotación cultivos	78,6	36,6	71,4	11,5	42,9	63,6
Labrado + Herbicidas	67,3	58,5	28,6	23,1	35,7	10,1
Labrado + abono orgánico	30,7	41,5	71,4	76,9	64,3	89,9
Regadío	0	4,9	100	0	21,4	81,8
Deforestada para sembrar	35,7	43,9	21,4	57,7	57,3	56,4
Tala y quema a la vez	67,3	56,1	78,6	42,3	42,7	43,6

Tabla 3. Estimación realizada de la degradación de la Cuenca (% de entrevistados).

Parámetros físicos	RD -1	RD - 2	RD -3	H -1	H -2	H -3
Fincas con pendiente > 25%	28,6	24,4	7,1	30,8	42,9	4,5
Fincas con pendiente 11-25 %	21,4	24,4	78,6	42,3	50	81,8
Fincas con pendiente 0-10 %	50	51,2	14,3	26,9	7,1	4,5
Perciben la erosión en la cuenca	50	70,7	21,4	80,8	64,3	13,6
Perciben disminución en el agua de los pozos	64,3	78,1	78,6	80,8	21,4	72,7
Perciben contaminación agua pozos / río	35,7	70	21,3	69,2	28,6	54
Percibe erosión del suelo después de las lluvias	78,6	56,1	78,3	57,7	21	54,4

Tabla 4. Porcentajes medios de respuestas relacionadas con el manejo de los suelos.

Tipo de labrado	RD-1	RD- 2	RD- 3	H- 1	H- 2	H- 3
Manual	10.8	27.7	7.7	20.0	10.8	15.4
Tractor	0.0	2.3	3.1	0.0	0.0	0.0
Asistido por Caballo	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Ninguno	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.8

Tabla 5. Porcentajes medios de respuestas relacionadas con la tipificación de la producción de los principales cultivos en la cuenca.

Cultivos	RD-1	RD-2	RD-3	H-1	H-2	H-3
Habichuelas	14.8	14.8	0.99	9.19	0.00	0.00
Maíz	1.2	1.2	4.96	0.43	0.60	4.60
Café	0.0	0.0	0.0	0.76	1.63	1.02
Plátano y Guíneo	0.0	0.0	0.0	0.46	0.0	0.0
Sorgo	0.0	0.0	5.71	1.86	0.00	1.45
Aguacate	0.0	0.0	0.0	0.31	0.39	0.10
Patata	0.0	0.0	0.0	0.09	0.0	0.0

Habichuelas, maíz y plátano son los cultivos mayoritarios en las fincas de autoconsumo familiar y café en aquellas de la cuenca media (ver tabla 5). El aguacate está comenzando a ser utilizado para la reforestación de la cuenca alta en la parte dominicana. Si se trata de un uso continuado del suelo, también puede verse en la tabla

6. En muchos casos los agroecosistemas de esta cuenca son utilizados de forma mixta, con cultivos y ganadería (tabla 8).

Tabla 6. Porcentajes medios de respuestas relacionadas con la temporalidad de la producción.

Calendario sistema de producción	RD-1	RD-2	RD-3	H-1	H-2	H-3
Temporal	6.2	22.3	6.9	19.2	4.6	10.0
Continua	1.5	4.6	2.3	0.0	2.3	3.1
Mixta	3.1	4.6	1.5	0.8	3.8	3.1

Tabla 7. Porcentajes medios de respuestas relacionadas con la práctica de la ganadería en la cuenca.

Practica de la Ganadería	RD-1	RD- 2	RD- 3	H- 1	H- 2	H- 3
Si	6.2	19.2	4.6	17.7	10.0	13.8
No	4.6	12.3	6.2	2.3	0.8	2.3

Tabla 8. Porcentajes medios de respuestas relacionadas con la tipología de los pastos.

Tipología de Potreros	RD-1	RD-2	RD-3	H-1	H-2	H-3
“Pastizal natural “	3.1	5.4	1.5	6.9	5.4	2.3
“Pastizal modificado”	3.8	10.8	6.2	5.4	1.5	5.4

Los campesinos consultados no coinciden en su mayoría con los propietarios de las grandes superficies dedicadas a la ganadería, especialmente en la zona media del lado dominicano de la cuenca (tabla 7). Los campesinos identifican como “pastizal natural” aquellas grandes superficies del territorio deforestado pero dedicadas exclusivamente a la explotación de ganado vacuno, y como “pastizal modificado”, otras más pequeñas en que vienen a corresponderse a las denominadas fincas mixtas en España (agricultura y ganadería) o “ranchos” en México. Los cultivos de esas fincas suelen ser forrajeros con los que alimentar al ganado (tabla 8).

El manejo del ganado se muestra en la tabla 9. Generalmente el estabulado suele corresponder al ganado vacuno siempre, aunque haya fincas en que se hace un pasto no estabulado con este tipo de ganado. Ocurre también algo parecido al ganado caprino, frecuente en la zona baja de la cuenca.

Entre las características socioeconómicas y culturales, pueden observarse los resultados obtenidos en las tablas 10, 11, 12, 13, 14 y 15.

Tabla 9. Porcentajes medios de respuestas relacionadas con el tipo de manejo del ganado en cada tramo de la cuenca.

Manejo ganado	RD-1	RD-2	RD-3	H-1	H-2	H-3
Estabulación	3.1	14.6	3.1	3.8	2.3	7.7
Pastoreo libre	2.3	3.1	1.5	11.5	6.2	5.4
Pastoreo mixto	5.4	13.8	6.2	4.6	2.3	3.1

No existe en esta cuenca una cultura de cooperativismo agrícola, por lo que hay pocas fincas que son gestionadas por las asociaciones de agricultores (tablas 14 y 15) La gran mayoría de las mismas (63,4%) son cultivadas por propietarios que son, en general, de las fincas pequeñas. Esta realidad no está recogida en el reciente trabajo del CCP, (2006) acerca de las estrategias para el desarrollo en la provincia de Pedernales en la

República Dominicana. En dicho trabajo también se comenta la percepción de los campesinos acerca de la contaminación de las fuentes de agua, pero no se habla nunca de que una de las estrategias para la resolución de los problemas de contaminación sea precisamente la investigación científica para resolver este problema.

Tabla 10. Porcentaje de agricultores de la cuenca que piden préstamos y cantidad de los mismos en dólares por tramos de la cuenca.

Piden Préstamos	RD-1	RD-2	RD-3	H-1	H-2	H-3
Reciben						
Préstamos	3.1	10.8	4.6	4.6	3.8	3.8
No reciben						
préstamos	7.7	20.8	6.2	15.4	6.9	12.3
Cantidad de dinero	3.000	9.700	10.300	605.33	589.3	1166.4

1 \$ US =33 Pesos Dominicanos (p); 1 \$ US =37.50 Gourdes Haitianos (g)

Tabla 11. Organismos que hacen préstamos (%).

Organismo de préstamo	RD-1	RD-2	RD-3	H-1	H-2	H-3
Bancos	0.0	7.7	3.8	0.0	0.0	1.5
ONG _s	0.8	0.0	0.0	0.8	3.1	0.0
Particular	1.5	1.5	0.8	4.6	0.0	1.5
Cooperativas	0.8	1.5	0.0	0.0	0.8	0.8
Otros	7.7	20.8	6.2	14.6	6.9	12.3

Por supuesto, nada se percibe en relación a la contaminación de los suelos existente en dicha territorio. Esta fue la principal razón que nos llevó a plantear otro tipo de estudio acerca de la percepción del paisaje (Hernández *et al.*, 2006), al que nos referiremos a continuación para la discusión de los resultados relativos a la composición de los suelos.

Tabla 12. Porcentajes medios de respuestas relacionadas con la utilización de la cosecha.

Utilidad	RD-1	RD-2	RD-3	H-1	H-2	H-3
Vender	2.31	0.77	1.54	2.31	1.54	0.00
Comer	0.77	1.54	0.00	1.54	0.00	1.54
Ambos	7.69	29.23	9.23	16.15	9.23	14.62

Tabla 13. Porcentajes medios de respuestas relacionadas con la cosecha que se comercializa según los tipos de mercado.

Mercado	RD-1	RD-2	RD-3	H-1	H-2	H-3
Local	57.1	48.8	50.0	61.5	57.1	66.7
Regional	42.9	51.2	50.0	38.5	42.9	33.3

Regional: mercado binacional en Pedernales

Tabla 14. Porcentajes medios de respuestas globales relacionadas con la pertenencia de los campesinos a organizaciones comunitarias.

Pertenencia a organizaciones	RD-1	RD-2	RD-3	H-1	H-2	H-3
Pertenecen	9.2	23.1	9.2	17.7	10.0	15.4
No pertenecen	1.5	8.5	1.5	2.3	0.8	0.8

De los ocho objetivos que constituyen compromisos para alcanzar un desarrollo sostenible para las gentes más pobres de la tierra, uno de los nominados genéricamente es la sostenibilidad del medio ambiente. Por ello, una de las soluciones propuestas en el Proyecto del Milenio por las Naciones Unidas, es el desarrollo agrícola, optimizando la recogida de agua (no regadío constante), así como la no utilización de herbicidas y el ir procurando utilizar abonos verdes y dosis de fertilizantes que no incidan en la eutrofización de las aguas (Sachs, 2005). Por esta razón, habrá que realizar algunas inversiones en la cuenca que estamos estudiando, especialmente en “capital intelectual” para los campesinos de la misma. Reconocemos que el tipo de agricultura que se practica es causa de múltiples efectos negativos para el medio ambiente, provocando cuantiosas pérdidas por inundaciones, sequías y contaminación de suelos.

Por último, los resultados de este trabajo sugieren la presencia de unos sistemas de producción en toda esta región transfronteriza que se reflejan en el Cuadro 2. El concepto de que la agricultura para ser ecológica debe ser extensiva, es europeo, cuando sabemos que en la América tropical, al igual que en la cuenca mediterránea, hay agroecosistemas intensivos pero sostenibles, que han alimentado a la población durante miles de años (SEAE, 2006).

Tabla 15. Porcentajes medios de respuestas relacionadas con la participación de los campesinos según el tipo de organizaciones.

Tipo de Organización	RD-1	RD-2	RD-3	H-1	H-2	H-3
Cooperativas	1.5	8.5	4.6	1.5	4.6	4.6
Asociación	0.8	3.8	3.1	6.2	1.5	3.1
Campešina						
Asociación de Mujeres	2.3	3.1	0.0	3.1	0.0	0.0
Desarrollo Comunitario	3.1	7.7	1.5	6.2	3.8	6.2
Religiosa	1.5	1.5	0.0	1.5	0.0	0.0
Clubes	0.0	1.5	0.0	0.8	0.0	1.5
Otras	1.5	5.4	1.5	0.8	0.8	0.8

Cuadro 2.- Clasificación de las fincas actuales de la cuenca del Pedernales (República Dominicana-Haití)

Fincas sostenibles de autoconsumo. Explotaciones > de 2 Ha que mantienen diversidad de cultivos y son básicos para la subsistencia familiar.

Fincas sostenibles de autoconsumo a tiempo parcial, que no constituyen la primera fuente de ingresos para el productor, por lo que no son sometidas a explotación intensiva.

Fincas insostenibles de autoconsumo. Explotaciones que fuerzan la producción ocasionando un grave deterioro ambiental, principalmente erosión.

Fincas insostenibles. Explotaciones con importantes *inputs* externos para cultivos de renta (café) que degradan intensamente el agroecosistema.

Conclusiones

Se han mostrado una valoración cuantitativa de diferentes datos cualitativos obtenidos mediante la información que recogida directamente de 130 campesinos acerca de la realidad de la agricultura desarrollada en la cuenca hidrográfica del Pedernales, zona transfronteriza entre la República Dominicana y Haití. De los resultados obtenidos se deduce la necesidad de capacitar a los agricultores de saberes más ecológicos, que eleven la productividad de sus tierras, sin dañar los beneficios ambientales que ofrecen

estos agroecosistemas en el paisaje y mantenimiento sostenible de una cuenca de especial importancia en la Reserva de la Biosfera dominicana. Pensamos que es necesario ofrecer al respecto conocimientos contextualizados por lo que se refiere a la estructura y función de este singular paisaje, así como el manejo de los suelos, atendiendo a la evaluación actual de los parámetros edáficos. Por otra parte, el lado dominicano de la cuenca, al estar ubicado en un espacio natural protegido, le convierte en un lugar idóneo para la práctica de la agricultura ecológica u orgánica

Bibliografía

- Alexis S., J. Pastor, R. González, A. J. Hernández. 2005. Ecología y desarrollo local en la provincia Pedernales (República Dominicana). Protocolo seguido para la sostenibilidad. En: *Congreso Iberoamericano de Ecología y Sostenibilidad Urbana*. Documento PDF, Fundicotex; Cáceres. 16 pp.
- Alexis, S.; Hernández, A. J. y Pastor, J. 2007. Evaluación de la fertilidad y contaminación de los suelos de la cuenca del Pedernales (República Dominicana-Haití). *Memoria del XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, León-Guanajuato, México*: 1191-1194
- Alvira, F. 2004. La encuesta: una perspectiva general metodológica. CIS (Centro de Investigaciones Sociológicas) Madrid; *Cuadernos Metodológicos*, 35.
- Altieri M. A. 2001. *Agroecología y Desarrollo. Aproximación a los fundamentos agro- ecológicos para la gestión sustentable de agrosistemas*. Ed. Mundi-Prensa, España.
- Cánovas A. *et al.* 1993. *Tratado de Agricultura Ecológica*. Instituto de Estudios Almerienses. Almería.
- CCP (Centro Cultural Poveda). 2006. *Plan Estratégico para el desarrollo humano integral de la provincia de Pedernales 2007-2017*. Ed. Centro Cultural Poveda, Santo Domingo (República Dominicana).
- Hernández A. J.; Alexis, S.; Pastor, J. 2005. Contribución al estudio de la degradación de los suelos de los bosques tropicales de la provincia de Pedernales (República Dominicana). En: Jimenez-Ballesta, R.; Álvarez-González, A. M. (eds). *Control de la degradación de suelos*. Ed. Consejería de Economía e Innovación Tecnológica, Comunidad de Madrid, Madrid: 173-178
- Hernández, A. J.; Espinal, I.; Alexis, S. 2006. Estudio de las preferencias paisajísticas de la gente de la provincia Pedernales (República Dominicana) vinculado a la conservación y manejo de los recursos.). *Resúmenes IX Congreso Latinoamericano de Botánica*, Ed. Jardín Botánico Nacional. Sto. Domingo, República Dominicana: 129-130
- Mäder, P. A.; Fliebach, D. L.; Gunst, P.; Niggli, F. U. 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*, 296: 1694-1697.
- Mesera, O.; Astier, M y López-Ridaura, S. 1999. *Sostenibilidad y manejo de recursos naturales: El marco de evaluación MESMIS*. México, Mundi-Prensa.
- Sachs J. 2005. *El fin de la pobreza. ¿Cómo conseguirlo en nuestro mundo?*. Ed. Debate, Barcelona
- SEAE, 2006. *La mentalidad eurocentrista en las normas de agricultura ecológica*. Documento digital de la SEAE.
- Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la República Dominicana, 2004. Reserva de la Biosfera “Jaragua-Bahoruco-Enriquillo”
- Taylor, S. J. y Bogdan, R. 1996. *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Ed. Paidós Ibérica, S.A. Barcelona.

3. ANÁLISIS DE LA FERTILIDAD Y DE METALES TÓXICOS DE LOS SUELOS DE LOS PRINCIPALES TIPOS DE PASTOS Y FINCAS AGRÍCOLAS EN LA PROVINCIA DE PEDERNALES

Resumen

Se expone el estudio de los suelos de agroecosistemas tropicales ubicados en tres tipos de unidades paisajísticas (bosques nublado, latifoliado y seco) de un territorio marcado por la pobreza de la gente que lo habita en la frontera de República Dominicana-Haití. El desarrollo de una agricultura sostenible en la zona requiere evaluar la fertilidad de los suelos, sabiendo que este es uno de los problemas fundamentales debido al cambio que sufren sus características físicas y químicas cuando se talan los bosques y luego se cultivan. Es muy escasa la información respecto a datos sobre suelos en los países mencionados, y nula para el caso del territorio aludido. Por ello abordamos el estudio de características edáficas de importancia fundamental en un territorio con importantes limitaciones geomorfológicas y edáficas, ya que en muchas zonas las pendientes son fuertes y los suelos someros. Los agroecosistemas estudiados corresponden a los que se encuentran mayoritariamente y constituyen las fuentes esenciales para la alimentación humana y animal: pastos y cultivos de habichuela, maíz, sorgo, plátano y guineo, café, frutales y tubérculos.

Los contenidos de M.O. y N son en general adecuados en los agroecosistemas localizados en la zona del B.l (B.latifoliado), en cambio, son generalmente bajos en el B.s (bosque seco). Los valores de pH son muy ácidos (4,6) en los suelos dedicados a tubérculos, que se localizan en el B.n (B.nublado) y oscilan de 5,6 a 7,6 en los suelos del B.l, y entre 6,9 y 8,1 en el B.s; son así de pH más elevado que muchos de los suelos tropicales. El contenido de P_2O_5 fue bajo solamente en alguno de los grupos de suelos analizados y fue aceptable en los restantes, pero los valores de P disponible son en general bajos en todos los cultivos y paisajes. Los contenidos de K cambiable, van desde niveles medios a elevados en todos los agroecosistemas y los de Ca y Mg cambiables son elevados en todos ellos. Respecto a los metales pseudototales, nos ha interesado ver si en los suelos existían niveles elevados de metales tóxicos, que pudiesen dificultar o impedir su empleo agrícola. En este sentido, destacan los preocupantes valores de Cd, lo suficientemente elevados para excluir a muchos de los suelos para su uso agrícola. Además, los contenidos de Cu, Ni, Mn y Al son también relativa o notablemente elevados. Todos estos datos ponen de manifiesto el origen claramente litogénico de los metales pesados. En cuanto al Fe disponible, los niveles son, en general elevados, aunque son bajos en los cultivos de maíz y frutales. Los contenidos de Mn disponible son elevados o medios y los de Zn son medios. Los de B son todos elevados. En relación a los aniones, destacan los contenidos medios de SO_4 , así como contenidos de bajos a indetectables de PO_4 . Los niveles más destacables de NO_3 se encuentran en los suelos de habichuela, sorgo, frutales y tubérculos de los B.l y B.n, mientras que los más bajos se presentan en suelos del B.s.

Palabras clave: usos del suelo, fertilidad, metales pesados.

Introducción

Entre los ocho objetivos que constituyen compromisos para alcanzar el desarrollo para las gentes más pobres de la tierra, está el de la sostenibilidad del medio ambiente. En

este aspecto, se ha llegado a la conclusión de que los principales problemas para un desarrollo humano sostenible, están relacionados con la reducción de la productividad de los suelos causada por la degradación ambiental. En la actualidad existen iniciativas basadas en la incorporación de estrategias de conservación de los suelos relacionadas con los procesos productivos/extractivos. Una de las soluciones propuestas en el Proyecto del Milenio por Naciones Unidas, es el desarrollo agrícola, optimizando la protección del suelo y su manejo sostenible (Sachs, 2005). Ello significa tener en cuenta sus funciones ecológicas y sus usos, pero también los peligros de la pérdida de fertilidad (Altieri, 2001) y de su posible contaminación (local o difusa) que puede amplificar los problemas de erosión en una cuenca. Con el objetivo de ahondar en esta cuestión, se presenta el estudio en un escenario donde se realiza la agricultura, como es la región transfronteriza entre República Dominicana y Haití: la cuenca del río Pedernales.

Convencidos de que la comprensión de los agroecosistemas es totalmente necesario para determinar los sistemas eficaces en agricultura (Mäder et al., 2002), nos ha llevado a abordar diferentes aspectos de los mismos. En este trabajo nos proponemos presentar las principales características químicas de sus suelos.

Material y métodos

Área de estudio.- En dos trabajos anteriores (Alexis et al., 2007; Hernández et al., 2007) se han expuesto las principales características del área de estudio, tales como la ubicación de sus municipios y otros asentamientos humanos en un territorio de paisaje rural que se encuentra en la cuenca hidrográfica de Pedernales en la región hidrográfica procurrente de Barahona, según la actual tipificación de la república Dominicana. Constituye una de las principales zonas fronterizas entre la República Dominicana y Haití y, al ser el área más afectada por los huracanes y tormentas tropicales se relaciona con un alto nivel de pobreza (en el país dominicano afecta a un 75% de las familias y no se tienen datos para la parte haitiana, aunque sabemos que es de mayor índice que en la parte dominicana).

Los sistemas de manejo en el área son: monocultivo especialmente en la cuenca alta; policultivo, más en las partes media y baja, y rotación de cultivos, principalmente en la baja. Se utiliza indistintamente el labrar el suelo y añadir abono orgánico. Muy frecuentemente, se deforesta, tala y quema a la vez, para sembrar; también se labra y se añaden herbicidas, especialmente en las cuencas alta y media. En la cuenca baja es donde existen más regadíos.

Tabla 1. Número total de fincas que estamos estudiando en cada una de las zonas de la cuenca.

Zona geográfica	Bosque tropical manejado		
	Coníferas y Nublado	Latifoliado	Seco
	Cuenca Alta	Cca. Media	Cca Baja
Dominicana	14	41	14
Haitiana	26	14	21

Muchas de las fincas en las zonas alta y media, están ubicadas en suelos con pendientes acusadas y un número elevado de agricultores percibe la existencia de erosión de los suelos, especialmente después de lluvias fuertes, así como la pérdida de agua en los pozos. También observan la existencia de contaminación orgánica en el río y los pozos (tabla 1). Muy frecuentemente, se deforesta, tala y quema a la vez, para sembrar;

también se labra y se añaden herbicidas, especialmente en las partes alta y media de la cuenca.

Análisis de las muestras de suelos.- Se recogieron un total de 30 muestras de la capa superficial edáfica (0-20 cm.), en puntos al azar en cada sistema de uso, a lo largo de un transecto que va desde los 1300 a 5 m. sobre el nivel del mar. Se ha considerado como parte alta de la cuenca al territorio comprendido entre los 700 y los 1.300 m; parte media, desde los 300 a los 700 m y parte baja, con menos de 300 m. Las muestras se recogieron en una de las dos estaciones secas de este territorio tropical (febrero-marzo). Se tomaron las coordenadas geográficas de las mismas, así como la altitud y pendiente media de los suelos de las fincas. El análisis químico, una vez tamizados los suelos, fue realizado lógicamente, en la fracción menor de 2 mm.

Mediante las técnicas analíticas que se exponen en (Hernández y Pastor, 1989) las variables edáficas analizadas han sido: pH, M.O., N total, contenido en carbonatos, nutrientes ligados a la fertilidad (N, P, K, Ca, Mg) y micronutrientes esenciales para las plantas (Fe, Cu, Zn y Mn). Éstos últimos son de gran importancia, ya que el exceso de los mismos en el suelo puede provocar problemas de toxicidad en los mismos. Finalmente se consideraron los contenidos totales y disponibles (Lakanen y Ervio, 1971) del Al y de diversos metales pesados: Cd, Cr, Ni y Pb.

Los niveles totales, asimilables y disponibles de los metales se han determinado por espectroscopia de emisión de plasma, tras moler los suelos con mortero de ágata y someterlos a ataque ácido con HNO₃ y HClO₄ en proporción 4:1, en el caso de los contenidos totales.

Resultados y discusión

El desarrollo de una agricultura sostenible requiere en primer lugar, evaluar la fertilidad de los suelos, seguido de la sustentabilidad de las prácticas de manejo y de los sistemas de producción, para poder, a continuación, recomendar dosis de fertilizantes que cumplan con los criterios ambientales, económicos, capacidades de los campesinos y calidad de los productos cosechados. En los países tropicales uno de los problemas fundamentales es el súbito cambio de las características físicas y químicas de los suelos cuando se talan los bosques y a continuación se cultivan. La mayoría de estos suelos se caracterizan por ser pobres en nutrientes, presentar deficiencias en alguno de ellos; por ello la existencia de niveles elevados de M.O. contribuye a constituir un depósito de nutrientes y mejorar su capacidad de intercambio catiónico.

Desde el punto de vista de las propiedades químicas son prioritarios en los suelos de los agroecosistemas un contenido aceptable de MO y el conocimiento de su constitución y naturaleza. El status del N y del S. La evolución del P en los suelos ricos en óxidos e hidróxidos de Fe y Al, capaces de inmovilizar este elemento. El P del suelo directamente asimilable por las plantas. El K disponible para las plantas, junto con el estudio de su lavado. El contenido de los oligoelementos importantes, sus deficiencias y toxicidades, junto con el conocimiento del pH de los suelos. De todos estos datos edáficos existe poca información tanto en República Dominicana como en Haití, y no hemos encontrado ninguna información sobre los mismos en nuestra área de estudio: la provincia y cuenca de Pedernales. Por ello abordamos en este trabajo un estudio en profundidad de estas características edáficas de importancia fundamental, si queremos hablar de una agricultura lo más sostenible que permita las importantes limitaciones geomorfológicas y edáficas del territorio.

Tabla 2a. Altitud, pendiente, M.O., N total, CO₃, P₂O₅ y contenidos medios (mg/Kg), y desviaciones típicas de cationes cambiabes, en los suelos de los agroecosistemas de la provincia, agrupados por unidades de paisaje (Bosques latifoliado y nublado).

Agroecosistemas (n°)	Alt m	Pend. %	MO %	N %	pH	CO ₃ %	P ₂ O ₅ mg/100g	Ca camb. mg/100g	Mg camb. mg/100g	K camb. mg/100g	Na camb. mg/100g
B. latifoliado											
Pastos (4)	640,0 427,2	13,0 6,3	12,1 4,2	0,433 0,245	7,4 0,5	28,0 34,0	21,4 23,2	643,6 146,6	34,1 32,4	24,8 19,3	3,2 0,7
Habichuelas (7)	656,6 72,2	26,9 7,4	11,1 4,3	0,629 0,222	6,9 0,6	6,1 7,0	12,2 12,0	589,6 234,3	32,6 29,7	18,9 12,3	3,2 0,7
Plátano &Guineo (3)	652,3 67,4	36,3 26,1	11,32 3,8	0,691 0,247	7,6 0,5	15,1 13,4	17,3 9,3	643,3 271,2	27,0 14,5	17,0 2,6	2,8 0,8
Café (3)	677,7 53,3	18,0 3,5	11,7 2,5	0,726 0,119	6,9 1,0	6,6 11,4	12,3 8,0	473,3 196,6	35,8 10,4	23,7 16,7	3,0 1,0
Maíz (6)	806,0 281,5	18,8 5,8	8,4 2,2	0,616 0,140	6,7 0,8	2,3 3,5	8,3 11,4	545,9 259,1	20,2 15,5	18,1 10,4	3,6 1,1
Sorgo (1)	620,0	25,0	4,7	0,415	6,2	10,5	3,5	296,7	5,1	5,3	4,0
Frutales (3)	1125,0 337,7	33,3 11,5	17,9 4,5	0,873 0,223	5,6 0,8	0,0 0,0	12,2 14,0	221 276	31,9 51,6	26,2 5,1	6,0 5,2
Tubérculos (4)	621,25 90,4	28,75 10,3	12,3 5,1	0,691 0,228	6,6 0,4	4,7 9,4	10,0 12,2	462,6 255,9	35,5 38,7	23,3 15,1	3,6 1,6
B. nublado											
Tubérculos (3)	1260,7 95,9	30,0 10,0	7,65 5,06	0,427 0,166	4,6 0,5	0,0 0,0	3,3 3,5	173,6 214,0	7,1 3,3	19,7 13,2	5,6 5,6

Tabla 2b. Altitud, pendiente, M.O., N total, CO₃, P₂O₅ y contenidos medios (mg/Kg) y desviaciones típicas de cationes cambiabes, en los suelos de los agroecosistemas de la provincia, agrupados por unidades de paisaje (Bosque seco).

Agroecosistemas (n°)	Alt m	Pend. %	MO %	N %	pH	CO ₃ %	P ₂ O ₅ mg/100g	Ca camb. mg/100g	Mg camb. mg/100g	K camb. mg/100g	Na camb. mg/100g
B. seco											
Pastos (2)	17,0 11,3	3,0 0	7,7 4,2	0,380 0,240	6,9 0,8	32,5 45,9	12,8 11,7	607,5 10,6	41,5 19,7	119,0 86,3	3,3 2,5
Habichuelas (5)	25,4 15,4	2,2 1,3	3,1 2,0	0,257 0,183	8,1 0,3	62,6 23,4	10,7 8,5	482,0 57,9	8,1 6,1	16,3 20,0	2,2 1,4
Plátano &Guineo (4)	26,0 22,4	3,0 2,2	2,9 1,6	0,285 0,177	8,1 0,2	54,0 25,7	21,1 20,3	444,8 77,6	10,5 7,5	20,1 22,3	2,7 1,2
Maíz (29)	17,5 3,5	1,5 0,7	1,9 2,0	0,365 0,262	8,1 0,2	50,9 35,2	4,5 6,4	426,5 37,5	6,8 8,2	5,4 2,6	3,1 2,0
Sorgo (1)	100,0	2,0	6,3	0,409	8,1	67,5	17,0	550,0	19,0	66,0	2,0
Frutales (2)	25,0 7,07	3,5 2,12	3,94 4,9	0,408 0,202	8,0 0,40	42,0 22,6	5,3 7,4	540,0 198,0	16,9 22,6	34,8 44,2	3,25 1,8

Todas y algunas más de las variables edáficas mencionadas han sido estudiadas por nosotros en los agroecosistemas ubicados en tres de las principales unidades paisajísticas del territorio (bosques latifoliado, nublado y seco), así como los pastos, principalmente de vacas y chivos y los cultivos de habichuela, maíz, sorgo, plátano&guineo, café, frutales y tubérculos.

En la tabla 2a, vemos en primer lugar que las pendientes son elevadas y muy elevadas en los suelos de los agroecosistemas de la Sierra de Bahoruco (B. latifoliado y nublado), mientras que son bajas en los del Parque de Jaragua (principalmente el B. seco). Los contenidos de CO_3 oscilaron mucho, desde indetectables en los cultivos de frutales y tubérculos del B. latifoliado-nublado. Bajos son igualmente en los suelos de cultivo del café, habichuela, maíz y tubérculos de estos mismos ambientes y son elevados en los suelos dedicados a pastos y agroecosistemas del bosque seco. En dicha tabla igualmente podemos ver que los contenidos de MO y N total, excepto en el caso del cultivo del sorgo, son adecuados e incluso son niveles deseables en el área del B. latifoliado. Los valores más elevados se alcanzan en los suelos de frutales y los más bajos en el cultivo del sorgo. En el área del B. seco, en cambio, salvo el caso del cultivo del sorgo, así como el contenido de MO de los suelos dedicados a frutales, los niveles de MO y N fueron bajos, incluso en el cultivo de habichuela (requerirían pues un abonado complementario, una siembra más densa y continuada de habichuela (*Phaseolus vulgaris*) o la siembra de otra leguminosa de gran interés como son los guandules (*Cajanus cajan*)).

Los valores medios de pH de los suelos, fue únicamente muy ácido en los cultivos de tubérculos que se localizan en el bosque nublado (4,6) y osciló de 5,6 a 7,6 en los cultivos del área del bosque latifoliado y entre 6,9 y 8,1 en los del bosque seco. Es decir son suelos de pH más elevado que los de la mayoría de los suelos tropicales.

Los contenidos de P de los suelos son siempre un tema controvertido. En este estudio, el contenido de P asimilable (P_2O_5) fue bajo en los suelos donde se sembró sorgo y tubérculos en el área del B. latifoliado-nublado y también en los suelos de cultivo del maíz en el B. seco, mientras que los contenidos fueron aceptables en los restantes cultivos. Al estudiar además un contenido de P disponible (tabla 2), vemos que los valores de esta fracción son bajas en los cultivos ubicados en los tres tipos de bosque, excepto en los de maíz, frutales y tubérculos en el caso del B. latifoliado-nublado y en el del sorgo en el B. seco, probablemente porque fue adecuadamente abonado.

Los contenidos medios de K cambiante van de niveles medios a elevados en todos los agroecosistemas. Los contenidos de Ca y Mg cambiantes son igualmente elevados en todos los cultivos, mientras que los del Na son del mismo orden en todos los casos.

En las tablas 3^a y 3^b (contenidos de metales pseudototales) nos ha interesado especialmente el poder ver si existen, en los suelos de cultivo, niveles elevados de metales potencialmente dañinos, que puedan dificultar o impedir el empleo de los mismos con fines agrícolas. Destaca en primer lugar, un hecho muy preocupante, los valores medios de Cd de los suelos son en casi todos los grupos suficientemente elevados para excluir a muchos de ellos para un uso agrícola; y no sólo eso, los contenidos medios de Cu de los suelos son también relativamente elevados, así como los de Ni. En algunos agroecosistemas, no en casi todos, también son elevados ciertos contenidos de Zn y Cr, y en un caso de Pb. Los valores medios de Mn y Al son también notablemente elevados. Todos estos datos ponen claramente de manifiesto el origen de procedencia de los mismos, claramente litogénico.

Tabla 3a. Contenidos medios (mg/Kg) y desviaciones típicas, de metales pseudototales en los suelos de los agroecosistemas de la provincia, agrupados por unidades de paisaje (Bosques latifoliado y nublado).

Agroecosistemas									
(n°)	Al	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Cr	Ni	Pb
B. latifoliado									
Pastos	67507,5	43036,8	1925,8	211,5	74,1	8,5	90,6	74,3	17,6
(4)	46572,1	28052,7	1268,9	96,3	70,9	4,6	94,3	62,9	13,4
Habichuelas	95680,1	54158,5	2790,4	303,5	132,5	14,0	95,1	122,4	27,2
(7)	56803,2	35701,8	1001,8	127,9	89,3	10,0	95,3	89,1	19,5
Plátano&Guineo	101343,3	58986,7	3013,3	302,0	144,5	16,9	118,7	138,6	19,8
(3)	64747,4	39831,8	245,1	138,4	72,1	9,8	151,4	111,4	17,6
Café	139676,7	69366,7	5270,8	421,5	190,8	33,5	113,3	177,8	26,0
(3)	63211,5	38049,6	2273,5	201,0	97,8	23,3	81,8	114,3	16,9
Maíz	94010,2	44319,0	2639,3	318,9	117,9	11,2	60,2	101,4	17,1
(6)	41752,9	31768,3	501,8	102,1	87,3	9,3	31,3	67,1	11,3
Sorgo	63885,0	29002,5	1602,15	301,3	54,7	3,8	122,1	61,3	60,2
(1)									
Frutales	59290,0	29283,3	2977,8	153,7	47,3	5,7	62,3	35,6	9,0
(3)	20013,5	14044,4	1430,5	29,3	9,6	6,3	38,7	6,2	5,1
Tubérculos	94058,8	45642,8	3167,9	300,5	101,8	12,5	113,2	110,3	18,3
(4)	59131,3	39189,5	963,4	126,2	80,7	9,8	120,7	103,5	14,6
B. nublado									
Tubérculos	67493,7	30698,7	847,7	112,9	50,3	2,3	53,9	34,4	12,9
(3)	56971,2	19782,7	954,1	65,4	42,4	2,5	46,0	26,6	6,2
Niv. ref. S. agrícolas (WHO)				140	36	0,8	100	35	-
Niv. ref. Suelos (Holanda)				200	50	1,0	100	50	50
Niv. ref. S. (Brasil) calidad				60	35	< 0,5	40	13	17
prevención				300	60	1,3	75	30	72
intervención				450	200	3	150	70	180

Tabla 3b. Contenidos medios (mg/Kg) y desviaciones típicas, de metales pseudototales en los suelos de los agroecosistemas de la provincia, agrupados por unidades de paisaje (Bosque seco).

Agroecosistemas									
(n°)	Al	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Cr	Ni	Pb
B. seco									
Pastos	53287,5	33225,0	1244,8	53,0	46,5	0,54	42,7	49,7	10,5
(2)	52060,7	32208,7	993,8	42,4	37,5	0,6	49,8	51,2	13,4
Habichuelas	46048,4	26641,0	989,1	71,3	73,3	13,6	54,8	61,2	9,4
(5)	61181,3	29653,7	1219,1	66,7	107,0	24,8	69,9	76,0	13,6
Plátano&Guineo	55187,5	32288,3	1257,5	93,6	91,7	17,2	65,5	74,4	11,3
(4)	66627,9	31147,9	1251,8	59,1	114,7	27,1	75,8	81,1	14,9
Maíz	84645,8	43911,5	1541,2	91,8	138,2	29,6	92,3	100,0	15,8
(2)	92654,0	40430,2	1975,4	79,5	170,8	39,5	112,0	116,6	22,3
Sorgo	20440,0	16030,0	638,0	30,5	21,0	0,0	9,91	15,2	2,5
(1)									
Frutales	89424,5	49206,0	1953,5	96,5	148,0	28,8	94,0	114,8	16,3
(2)	85895,8	32942,7	1392,3	72,8	156,98	40,59	109,60	95,8	21,6
Nivel ref. S. agrícolas (WHO)				140	36	0,8	100	35	-
Nivel ref. Suelos (Holanda)				200	50	1,0	100	50	50
Niv. ref. S. (Brasil) calidad				60	35	< 0,5	40	13	17
prevención				300	60	1,3	75	30	72
intervención				450	200	3	150	70	180

Tabla 4a. Contenidos medios (mg/Kg) y desviaciones típicas, de Al, metales pesados disponibles, P y B (, Método de Lakanen&Ervio), en los suelos de los agroecosistemas de la provincia, agrupados por unidades de paisaje (Bosques latifoliado y nublado).

Agroecosistemas (n°)	Al	Mn	Fe	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Cr	B	P
B. latifoliado											
Pastos (4)	279,0 202,1	775,6 688,4	275,0 268,7	20,6 15,9	14,5 14,1	6,6 4,27	10,8 11,9	3,86 2,96	0,5 0,35	8,5 6,7	5,02 10,1
Habichuelas (7)	501,2 426,0	699,1 469,4	223,8 210,7	13,2 10,3	13,8 10,6	9,1 7,9	6,2 7,3	1,5 1,05	0,27 0,3	9,8 5,4	19,0 44,3
Café (3)	825,3 428,9	1145,5 686,4	438,3 298,5	28,4 15,5	25,86 11,9	23,1 18,8	16,6 16,8	2,11 1,38	0,52 0,36	11,8 2,0	0,0 0,0
Plátano&Guineo (3)	536,3 523,6	734,9 384,6	225,9 181,3	18,0 7,5	21,1 7,0	10,9 8,4	7,6 7,8	1,47 1,31	0,32 0,31	12,2 0,95	0,0 0,0
Maíz (6)	222,7 279,2	374,3 452,1	81,2 114,0	12,2 10,4	9,8 11,0	5,9 7,5	3,8 6,8	7,19 15,14	0,11 0,2	6,5 6,2	29,1 59,9
Sorgo (1)	79,8	55,6	79,8	5,4	2,6	0,72	0,2	0,0	0,0		12,2
Frutales (3)	3069,3 1856,9	542,4 592,0	383, 188,0	17,1 11,2	12,1 2,8	3,9 5,3	1,66 0,62	0,68 1,18	0,97 0,61	17,3 6,0	39,6 68,7
Tubérculos (4)	706,6 397,5	675,5 593,6	265,9 273,5	13,0 13,2	11,5 10,4	7,8 8,7	5,41 7,19	1,34 1,42	0,31 0,36	13,2 1,8	31,2 58,5
B. nublado											
Tubérculos (3)	1472,5 2043,4	90,2 90,5	155,1 213,9	5,8 3,7	6,1 5,5	0,87 1,03	0,57 0,45	0,35 0,32	0,61 0,93	6,68 9,22	6,3 10,9

Tabla 4b. Contenidos medios (mg/Kg) y desviaciones típicas, de Al, metales pesados disponibles, P y B (Método de Lakanen&Ervio) en los suelos de los agroecosistemas de la provincia, agrupados por unidades de paisaje (Bosque seco).

Agroecosistemas (n°)	Al	Mn	Fe	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb	Cr	B asi	P
B. seco											
Pastos (2)	529,5 748,8	464,3 652,1	129,1 174,8	2,3 2,1	14,3 17,1	0,75 0,35	11,7 15,7	3,18 3,51	0,36 0,22	7,8 8,3	0,0 0,0
Habichuelas (5)	20,7 25,7	86,6 111,4	25,7 29,6	5,8 6,3	8,1 8,7	10,6 20,1	1,4 1,15	1,1 1,62	0,37 0,16	3,3 5,4	1,1 2,5
Platano&Guineo (4)	24,3 26,7	125,3 124,2	24,2 22,4	11,5 7,1	13,5 5,4	13,2 22,2	2,1 1,65	1,28 1,79	0,25 0,17	7,5 6,4	11,4 17,7
Maíz (2)	3,0 2,4	25,1 0,7	6,7 5,8	6,1 3,8	12,6 0,27	23,6 32,2	0,67 0,19	0,65 0,92	0,31 0,27	0,40 0,27	0,0 0,0
Sorgo (1)	16,0	204,0	23,9	5,0	6,1	0,0	2,9	0,0	0,0	11,1	20,1
Frutales (2)	0,8 0,28	31,6 9,8	3,8 1,6	2,7 1,1	8,7 5,87	23,4 32,6	1,15 0,49	0,95 0,49	0,35 0,21	1,4 1,3	0,0 0,0

En las tablas 4a y 4b, se pueden observar los valores medios de las fracciones disponibles de los meso o micronutrientes: Fe, Mn y Zn. Los contenidos de Fe son, en general, elevados en los suelos del B. latifoliado-nublado. En los suelos de los cultivos de habichuela, plátano-guineo y sorgo del B. seco, los valores fueron del tipo medio, mientras que fueron bajos en los suelos de maíz y frutales. Los contenidos de Mn son, en general, también elevados, y en algunos casos de tipo medio, mientras que los de Zn

son principalmente de tipo medio, con algunos (pastos y frutales) bajos en los cultivos ubicados en el área del B. seco.

En cuanto a los metales de carácter más tóxico y dañino, sigue llamando de nuevo y de forma grave, la atención los contenidos elevados de Cd, con la excepción de los suelos de sorgo y de tubérculos del B. latifoliado-nublado y de nuevo del sorgo, junto con los suelos dedicados a pastos del B. seco.

Los contenidos de Boro son elevados en todos los casos y ello puede ser contraproducente en muchos de los cultivos. Y los niveles medios de Cu no son en absoluto bajos. Preocupan menos los contenidos de la fracción disponible de Ni, Cr y Pb. Los contenidos medios de Al disponible, por el contrario, oscilan desde bastante a muy elevados.

En las tablas 5 a y 5 b, vemos las fracciones solubles de los metales en estos suelos de cultivo. Destacan sobre todo los contenidos de Cu y Al.

Tabla 5a. Contenidos medios de metales solubles (mg/Kg) y desviaciones típicas en los suelos de los agroecosistemas de la provincia, agrupados por unidades de paisaje (Bosques latifoliado y nublado).

Agroecosistemas (n°)	Ca	Mg	K	Na	P	Fe	Mn	Zn	Cu	Cr	Al
B. latifoliado											
Pastos (4)	224,23 <i>92,24</i>	24,70 <i>20,07</i>	35,17 <i>19,64</i>	22,66 <i>14,81</i>	0,21 <i>0,42</i>	1,67 <i>1,80</i>	1,22 <i>1,54</i>	0,03 <i>0,05</i>	0,09 <i>0,04</i>	0,002 <i>0,004</i>	2,63 <i>2,98</i>
Habichuelas (7)	199,73 <i>90,37</i>	22,67 <i>22,56</i>	28,72 <i>18,94</i>	39,85 <i>64,11</i>	0,98 <i>1,12</i>	5,52 <i>14,00</i>	2,45 <i>3,33</i>	0,07 <i>0,06</i>	0,13 <i>0,02</i>	0,003 <i>0,003</i>	10,18 <i>26,32</i>
Platano&Guineo (3)	208,41 <i>123,96</i>	19,36 <i>13,45</i>	33,46 <i>26,53</i>	74,23 <i>96,32</i>	0,78 <i>0,92</i>	13,36 <i>20,73</i>	0,52 <i>0,61</i>	0,05 <i>0,08</i>	0,13 <i>0,05</i>	0,003 <i>0,004</i>	24,83 <i>39,04</i>
Café (3)	198,95 <i>25,72</i>	24,30 <i>17,87</i>	16,78 <i>4,50</i>	12,14 <i>5,76</i>	1,30 <i>0,69</i>	0,23 <i>0,08</i>	6,36 <i>9,00</i>	0,10 <i>0,05</i>	0,20 <i>0,01</i>	0,008 <i>0,000</i>	0,27 <i>0,25</i>
Maíz (6)	110,63 <i>95,53</i>	8,72 <i>11,30</i>	12,58 <i>7,22</i>	14,48 <i>4,78</i>	0,88 <i>0,74</i>	1,62 <i>1,87</i>	1,16 <i>1,21</i>	0,06 <i>0,05</i>	0,11 <i>0,02</i>	0,002 <i>0,003</i>	3,68 <i>4,39</i>
Sorgo (1)	163,38	5,6	14,14	25,65	0,95	0,82	4,54	0,06	0,14	0,0	1,06
Frutales (3)	110,22 <i>115,13</i>	29,15 <i>35,28</i>	42,65 <i>14,54</i>	29,23 <i>31,22</i>	1,12 <i>1,94</i>	5,49 <i>7,73</i>	1,17 <i>1,04</i>	0,01 <i>0,01</i>	0,06 <i>0,05</i>	0,003 <i>0,004</i>	9,83 <i>11,67</i>
Tubérculos (4)	175,38 <i>146,80</i>	26,81 <i>29,82</i>	35,48 <i>24,02</i>	57,70 <i>84,70</i>	1,56 <i>1,24</i>	10,29 <i>18,05</i>	2,88 <i>4,10</i>	0,05 <i>0,07</i>	0,12 <i>0,03</i>	0,0	19,46 <i>33,78</i>
B. nublado											
Tubérculos (3)	40,03 <i>22,57</i>	9,39 <i>7,50</i>	28,92 <i>25,56</i>	33,30 <i>27,98</i>	0,72 <i>0,77</i>	5,40 <i>7,76</i>	2,31 <i>1,43</i>	0,11 <i>0,10</i>	0,11 <i>0,05</i>	0,0	9,42 <i>11,53</i>

Finalmente al estudiar las tablas 6 a y 6b, son de destacar los contenidos, generalmente de tipo medio de SO₄, así como los contenidos medios bajos, muy bajos o indetectables de PO₄. Los contenidos más destacables de NO₃ se encuentran en los suelos de cultivos de habichuela (lo que no es de extrañar), así como en los suelos de cultivo de sorgo, frutales y tubérculos del área del B. latifoliado-nublado, mientras que los niveles medios más bajos de NO₃ se presentan en los suelos de los cultivos del B. seco, aunque en los cultivos de sorgo y frutales si parece notarse un abonado, al igual que se notaba igualmente en estos mismos cultivos en la zona del B. latifoliado, así como en los suelos de cultivo de tubérculos. Llama la atención los valores bajos de NO₃ de los suelos de cultivo de plátano-guineo tanto en el b. latifoliado como en el seco.

Tabla 5b. Contenidos medios de metales solubles (mg/Kg) y desviaciones típicas en los suelos de los agroecosistemas de la provincia, agrupados por unidades de paisaje (Bosque seco).

Agroecosistemas (n°)	Ca	Mg	K	Na	P	Fe	Mn	Zn	Cu	Cr	Al
B. seco											
Pastos (2)	177,0 <i>52,07</i>	23,10 <i>11,26</i>	78,75 <i>16,88</i>	42,01 <i>46,16</i>	1,31 <i>1,31</i>	0,30 <i>0,35</i>	0,0 <i>0,0</i>	0,03 <i>0,04</i>	0,130 <i>0,01</i>	0,008 <i>0,004</i>	0,33 <i>0,47</i>
Habichuelas (5)	122,57 <i>55,32</i>	6,44 <i>3,92</i>	30,705 <i>32,11</i>	14,31 <i>10,45</i>	0,17 <i>0,18</i>	2,50 <i>4,40</i>	0,14 <i>0,20</i>	0,03 <i>0,04</i>	0,08 <i>0,03</i>	0,029 <i>0,05</i>	4,66 <i>8,58</i>
Platano&Guineo (4)	136,52 <i>86,77</i>	7,82 <i>5,32</i>	37,50 <i>34,80</i>	17,58 <i>10,03</i>	0,0 <i>0,0</i>	3,75 <i>4,86</i>	0,15 <i>0,17</i>	0,0 <i>0,0</i>	0,06 <i>0,04</i>	0,030 <i>0,05</i>	7,05 <i>9,41</i>
Maíz (2)	101,39 <i>82,75</i>	4,07 <i>5,38</i>	12,37 <i>11,33</i>	18,53 <i>17,31</i>	0,0 <i>0,0</i>	1,44 <i>2,00</i>	0,0 <i>0,0</i>	0,0 <i>0,0</i>	0,03 <i>0,02</i>	0,055 <i>0,08</i>	2,71 <i>3,83</i>
Sorgo (1)	174,39	11,23	113,83	8,16	0,41	0,21	0,0	0,03	0,125	0,008	0,11
Frutales (2)	113,03 <i>99,20</i>	9,59 <i>13,18</i>	45,40 <i>35,39</i>	20,44 <i>14,61</i>	0,79 <i>1,12</i>	0,25 <i>0,32</i>	0,0 <i>0,0</i>	0,04 <i>0,05</i>	0,11 <i>0,08</i>	0,060 <i>0,07</i>	0,31 <i>0,43</i>

Tabla 6a. Conductividad, contenidos medios de aniones solubles(mg/Kg) y desviaciones típicas, en los suelos de los agroecosistemas de la provincia, agrupados por unidades de paisaje (Bosques latifoliado y nublado).

Agroecosistemas (n°)	F	Cl	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	C. E. µS/cm
B. latifoliado							
Pastos (4)	0,18 <i>0,20</i>	28,7 <i>18,3</i>	6,1 <i>3,9</i>	83,4 <i>56,0</i>	3,1 <i>5,4</i>	43,4 <i>16,6</i>	396,8 <i>103,5</i>
Habichuelas (7)	0,09 <i>0,2</i>	39,3 <i>44,0</i>	10,1 <i>13,0</i>	120,3 <i>97,4</i>	0,4 <i>0,7</i>	44,9 <i>26,7</i>	420,4 <i>137,9</i>
Plátano&Guineo (3)	0,0 <i>0,0</i>	78,1 <i>55,6</i>	90,2 <i>122,2</i>	30,7 <i>38,0</i>	1,98 <i>3,44</i>	60,4 <i>9,7</i>	500,7 <i>138,9</i>
Café (3)	0,0 <i>0,0</i>	29,1 <i>4,2</i>	82,7 <i>127,8</i>	86,6 <i>81,4</i>	1,0 <i>1,8</i>	70,2 <i>31,0</i>	678,0 <i>352,0</i>
Maíz (6)	0,10 <i>0,2</i>	19,5 <i>7,2</i>	4,2 <i>6,1</i>	83,3 <i>29,0</i>	0,23 <i>0,6</i>	19,3 <i>14,0</i>	227,0 <i>130,6</i>
Sorgo (1)	0,0	20,8	1,8	125,1	0,0	15,9	285,0
Frutales (3)	0,0 <i>0,0</i>	35,9 <i>10,9</i>	2,6 <i>1,1</i>	180,8 <i>135,3</i>	0,48 <i>0,82</i>	56,3 <i>38,0</i>	474,7 <i>171,6</i>
Tubérculos (4)	0,0 <i>0,0</i>	53,9 <i>56,3</i>	12,8 <i>16,3</i>	133,1 <i>130,6</i>	0,4 <i>0,7</i>	54,0 <i>34,3</i>	436,3 <i>234,5</i>
B. nublado							
Tubérculos 3	0,23 <i>0,40</i>	21,5 <i>5,0</i>	1,2 <i>0,25</i>	248,1 <i>94,2</i>	0,0 <i>0,0</i>	25,1 <i>30,8</i>	324,7 <i>124,7</i>

De las observaciones realizadas puede deducirse, que se trata, salvo el caso de algunas grandes fincas de una agricultura primordialmente de subsistencia, realizada en condiciones difíciles y precarias, y en casos depredadora, por emplearse ilegalmente la tala y quema. Raras veces se observan en los suelos niveles de que se haya realizado un abonado suficiente o enmiendas. Ello es más evidente en el caso del P, con la grave dificultad de la presencia importante del Al y Fe en los suelos. Un hecho de enorme trascendencia es la presencia continua de niveles preocupantes de metales pesados

peligrosos. Ahí hay mucho que investigar en como gestionar estos suelos y los residuos vegetales generados, como enmendarlos y que cultivos sembrar que no acumulen metales pesados en las semillas y frutos.

Tabla 6b. Conductividad, contenidos medios (mg/Kg) y desviaciones típicas de aniones solubles, en los suelos de los agroecosistemas de la provincia, agrupados por unidades de paisaje (Bosque seco).

Agroecosistemas (n°)	F	Cl	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	C. E. μS/cm
B. seco							
Pastos	1,18	20,2	15,8	75,35	0,76	59,3	422,0
(2)	1,24	13,8	18,1	43,98	1,08	28,7	72,1
Habichuelas	0,3	20,0	2,0	29,2	0,0	22,1	291,4
(5)	0,3	5,4	0,4	26,9	0,0	7,0	81,3
Plátano&Guineo	0,16	26,0	1,9	24,4	0,0	20,3	303,3
(4)	0,18	2,3	0,4	26,7	0,0	9,1	91,5
Maíz	0,4	18,5	3,1	7,6	0,0	13,7	280,0
(2)	0,2	10,1	2,4	0,2	0,0	0,4	148,5
Sorgo	0,65	15,4	1,4	70,43	1,6	52,1	451,0
(1)							
Frutales	0,63	23,1	5,3	89,04	0,0	27,0	311,0
(2)	0,49	3,6	5,5	115,35	0,0	18,4	192,3

Si, dado que los niveles de metales no son elevados en exceso, se podrían emplear técnicas de fitorremediación (principalmente de fitoestabilización en los sistemas radiculares de plantas perennes) para que no pasaran tampoco a los tallos y hojas que consume el ganado o se utilizan como abono verde, ya que sí parece notarse el empleo de además de fertilizantes inorgánicos, de abono orgánico (restos vegetales o estiércol) con el problema ya comprobado por nosotros, y expuesto en un trabajo anterior, de que este tipo de abonado orgánico, expande en muchos casos los metales pesados a otros suelos y aumenta en ellos los contenidos de los mismos.

Los valores alcanzados para los metales pesados son superiores a los observados por (Davies et al., 1999) en 162 suelos superficiales a lo largo de dos transectos realizados en Venezuela. Otros autores (Wilcke et al., 1998), al estudiar el contenido de metales pesados en 16 suelos de Costa Rica usados para el cultivo del café y otros de bosques naturales encontraron valores todavía menores a los hallados en Venezuela. La excepción fue el contenido de Cu, más elevado que el que se encontró en Venezuela y también en los suelos de Pedernales.

También se ha expuesto en (Hernandez et al., 2006), con datos cuantitativos que, independientemente de la erosión y movimientos de tierras por la acción de los huracanes en la zona, los dos procesos antrópicos que más influyen en los procesos edáficos de los suelos de estos sistemas tropicales (agricultura y explotación de bauxita y caliza esencialmente) se implican entre sí.

Conclusiones

Se muestran los principales parámetros edáficos de índole química, de la capa superficial de los suelos representativos de fincas agrícolas de la provincia de Pedernales y su cuenca hidrográfica en relación a sus principales usos. Se destacan los contenidos elevados de varios metales, especialmente de algunos metales pesados. Los metales litogénicos se asocian con minerales primarios y pueden estar disponibles en el

sistema suelo-planta. Estas formas de metales, al igual que los de origen antropogénico, se pueden transformar mediante procesos edafogénicos y convertirse en metales edáficos controlados por las propiedades del suelo. Estas actividades, unidas a la explotación de la bauxita y de la caliza, conllevan alteraciones en los suelos de los agroecosistemas. Por otra parte, la agricultura intensiva, generalmente con regadío, y la deposición de basuras en las áreas ocupadas por el bosque tropical seco, alteran también los suelos. Así mismo, la tala y quema de los bosques, que se realiza para una agricultura y ganadería intensivas, implica que los suelos deban ser manejados atendiendo a la dinámica de los importantes contenidos de metales pesados que pueden estar atrapados en la materia orgánica.

De los resultados obtenidos se deduce la necesidad de capacitar a los agricultores de saberes más ecológicos, que eleven la productividad de sus tierras, sin dañar los beneficios ambientales que ofrecen estos agroecosistemas en el paisaje y lograr con ello un mantenimiento más sostenible de esta cuenca de tanta importancia local para la subsistencia de esta zona.

Agradecimientos: al Proyecto CTM2005-02165/TECNO del Ministerio de Educación y Ciencia de España y al Programa EIADES de la Comunidad de Madrid.

Referencias bibliográficas

- Alexis, S., Pastor, J., González, R., Hernández, A. J. 2005. Ecología y desarrollo local en la provincia Pedernales (República Dominicana). Protocolo seguido para la sostenibilidad. En: *Congreso Iberoamericano de Ecología y Sostenibilidad Urbana*. Documento pdf. Ed. Fundicotex; Cáceres (España). 16 pp.
- Altieri M. A. 2001. *Agroecología y Desarrollo. Aproximación a los fundamentos agro-ecológicos para la gestión sustentable de agrosistemas*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Davies B.E, Bifano C, Phillips K.M, Mogollon J.L, Torres M. 1999. Aqua regia extractable trace elements in surface soils of Venezuela. *Environ. Geochem. Health*, 21: 227-256.
- Hernández, A. J., Pastor. J.1989. Técnicas analíticas para la interacción suelo-planta. *Henares, Revista. de Geología* 3: 67-102.
- Hernández A. J., Alexis, S., Pastor. J. 2007. Contribución al estudio de la degradación de los suelos de los bosques tropicales de la provincia de Pedernales (República Dominicana). *Science of the Total Environment*, 378: 36-41.
- Hernández A. J., Vizcayno, C., Alexis, S., Pastor, J.2006. Procesos antropodáficos frecuentes en la reserva de la biosfera Jaragua-Bahoruco-Enriquillo (República Dominicana). En: J. F. Gallardo (Ed) *Medioambiente en Iberoamérica. Visión desde la Física y la Química en los albores del Siglo XXI*. Ed. CIFYQUA; Diputación de Badajoz (España): 223-229.
- Lakanen E, Ervio R. 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. *Acta Agricultura Fennica*, 123: 223-232.
- Mäder P., Fliebach, A, Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., Niggli, U. 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*, 296: 1694-1697.
- Sachs J. 2005. *El fin de la pobreza. ¿Cómo conseguirlo en nuestro mundo?*. Ed. Debate, Barcelona (España).
- Wilcke, W., Kretzschmar, S., Bundt, M., Saborio, G., Zech, W. 1998. Aluminum and heavy metal partitioning in A horizons of soils in Costa Rican coffee plantations. *Soil Science*, 163: 463-471.

4. APROXIMACIÓN AL ESTUDIO DEL IMPACTO DE LA GEOQUÍMICA EN LA SALUD DE LOS AGROECOSISTEMAS TROPICALES

Abstract

The heavy metal contents of 70 topsoil layer samples obtained from tropical forests in the *Jaragua-Bahoruco-Enriquillo Biosphere Reserve*, Dominican Republic, and their most common land uses prompted us to address this pollution problem and its effects on health. The source of these pollutants is essentially linked to geodaphic processes more than human impacts in a region that comprises core, intensive agriculture and buffer areas of the reserve, habouring mines (bauxite and limestone), crops and livestock. The hypothesis that heavy metals liberated by geochemical actions in some of these tropical ecosystems could be related both to their productivity and to human and animal health, led us to assess metal bioavailability in the main crops, as the primary source of food or fodder.

This study presents an experimental design in which microcosms were set up using soils selected according to the known presence of several metals (Cd, Cr, Cu, Zn, Ni and Al) and seeds obtained from the original crops in the area: kidney beans (*Phaseolus vulgaris*), the legume *Cajanus cajan*, corn (*Zea mays*) and sorghum (*Sorghum vlgare*). These crops are consumed by humans, herbivores (goats mainly and cows) and other animals (e.g. hens and pigs); crop remains are even used as organic fertilizer. The complex trophic network that includes heavy metals generated by geochemical actions in these tropical ecosystems makes them real scenarios for studies on relations between environmental health and human health.

Although this is a preliminary approach to the topic, we present our initial results in terms of both the heavy metal contents of the above-ground plant mass (essentially the leaves and grains as the main parts consumed), and other data corresponding to water composition and soil properties. We also provide the results of an electron microscopy study designed to identify the plant organs capable of accumulating most heavy metals. Finally, results are discussed from the perspective of the possible ecopathologies produced by heavy metals in the topsoil that affect the health of agroecosystems, animals and humans.

Keywords: lithogenic metals, water composition, ecopathologies.

Resumen

El contenido de metales pesados suelos correspondientes a los bosques tropicales de la Reserva de la Biosfera *Jaragua-Bahoruco-Enriquillo* de la República Dominicana, nos lleva a situarnos ante la problemática de los mismos y la salud. La hipótesis de que metales producidos por una acción geoquímica en alguno de los agroecosistemas pueda estar relacionada no solo con su productividad, sino también con la salud humana y animal, nos ha conducido a estudiar la biodisponibilidad los mismos en los cultivos que son fuente primaria de alimentación humana y forrajera en la zona.

Respecto al sustrato, las rocas sedimentarias calizas son la litología predominante, aunque coluviones de calizas predominan en el bosque de coníferas y en el nublado, calizas cristalinas en el bosque latifoliado y rocas detríticas y arrecifes del cuaternario en el bosque seco. Los suelos van de superficiales a poco profundos, pedregosos, con escaso desarrollo edafogenético. La mayoría no presenta horizontes pedogenéticos y están sometidos a diversos regímenes de humedad y temperatura, ubicados desde las montañas hasta paisajes asociados a ríos y lagunas o costas arenosas. Las principales arcillas son: hematita, caolín, bohemita, gibsita y calcita. Las texturas van desde

arenoso-francas hasta arcillosas. Los pH generalmente básicos. Los contenidos de M.O. y N no son bajos, pero sí los de K asimilable en los bosques de montaña, aunque elevados en el bosque seco. El P asimilable es siempre muy bajo y los metales pesados son generalmente más elevados que los niveles de referencia, especialmente en suelos de cultivo, y por tanto resultan perjudiciales.

Se muestran también los resultados del análisis de las aguas en el territorio en relación a los compuestos inorgánicos y orgánicos que pueden ocasionar problemas de salud, así como los obtenidos en diferentes bioensayos experimentales realizados en microcosmos con suelos representativos y especies cultivadas. La alta conductividad y contenidos de cloruros y sulfatos, además de Al y Fe en el agua de pozos, indican que procesos geoquímicos pueden estar implicados con la salubridad de las aguas para cultivos y ganado. Así mismo, el Cu en los frutos de habichuela es más elevado que los valores de referencia para este metal en suelos. Existen diferencias en cuanto a los contenidos de metales en las hojas de todos los cultivos (habichuelas, guandules, maíz y sorgo). La discusión de los resultados se hace desde una perspectiva de las ecopatologías que producen los metales pesados y que afectan a la salud de los agroecosistemas y a la salud animal y humana.

Palabras clave: metales litogénicos, composición aguas, ecopatologías.

Introducción: marco conceptual e hipótesis de trabajo

Se parte del presupuesto de que la salud de ecosistemas es uno de los pilares en que se apoya el desarrollo sostenible, por lo que comienza a ser un nuevo lenguaje para el discurso público de la contaminación, (Hernández y Pastor, 2007). Así, la salud de ecosistemas se ha definido como una ciencia emergente de aproximación sistémica para prevenir, diagnosticar y pronosticar aspectos para el manejo de los mismos y establecer relaciones entre la salud del ecosistema y la salud humana (Calow, 1995; Di Guilio y Monosson, 1996; Rapport, 2003). Hace ya treinta años se iniciaba la investigación de geoquímica y salud como una de las líneas del Programa MAB (Man and Biosphere) de la Unesco (1978).

El contenido de metales pesados en la capa superficial de suelos correspondientes a los bosques tropicales presentes en la Reserva de la *Biosfera Jaragua-Bahoruco-Enriquillo* de la República Dominicana, y de sus usos más frecuentes (Hernández *et al.*, 2007), nos ha llevado a situarnos ante la problemática de los mismos y la salud. El origen de estos contaminantes está vinculado esencialmente a procesos geodáficos más que a impactos antrópicos, en un territorio que alberga tanto áreas núcleo, como de agricultura intensiva y de amortiguamiento de dicha Reserva, y en las que se sitúan explotaciones mineras (bauxita y caliza), agrícolas y ganaderas. La hipótesis de que metales pesados producidos por una acción geoquímica en algunos de estos ecosistemas tropicales pueda estar relacionada no solo con la productividad del sistema, sino también con la salud humana, nos ha conducido a estudiar la biodisponibilidad por parte de los principales cultivos que son fuente primaria de la alimentación humana y forrajera en dicho territorio. Pero este estudio no desea quedarse en las respuestas de las plantas a los metales pesados, sino en aproximarnos a las denominadas ecopatologías que pueden producir los mismos (Pérez, 2001). En la actualidad ha comenzado a denunciarse la existencia de una “pandemia silenciosa” debida a tóxicos ambientales, cuyo efecto en las personas es real aunque difícil de calibrar (Ortega *et al.* (2005). No obstante, el reciente estudio de la OMS en 2006, el que ha puesto de manifiesto la relación de muchas patologías atribuibles al medio ambiente (Prüss *et Corvalán*, 2006).

Sin embargo, sigue siendo muy escasa la información acerca de de la morbilidad y la mortandad de animales que se alimentan de plantas con altos niveles de metales tóxicos en algunas de sus partes comestibles. Es por ello que este trabajo desea aproximarse también a este aspecto. En el citado informe de la OMS, se señala que la carga de morbilidad causada por factores ambientales es mucho más elevada en el mundo en desarrollo que en los países desarrollados, a excepción de determinadas enfermedades cardiovasculares y los cánceres. Esta problemática está especialmente relacionada con las aguas poco o nada salubres, pero no encontramos referencias claras en cuanto a su relación a suelos contaminados.

Material y métodos

Las características del área de estudio y el análisis de casi 70 muestras de la capa superficial de los suelos de los bosques tropicales que mayor extensión ocupan en la única Reserva de la Biosfera de la República Dominicana se muestran en Hernández *et al.* (2005 y 2007). Atendiendo a los valores obtenidos para los metales pesados, se han elegido cuatro escenarios reales en base a la presencia de más de un metal pesado en la capa superficial edáfica y que son representativos de los usos más frecuentes en las áreas de agricultura intensiva, de amortiguamiento y núcleo de esta reserva de la biosfera. Las muestras de suelo recogidas en esos escenarios sirvieron para realizar bioensayos en microcosmos (cubetas con 1 Kg. de suelo) en condiciones controladas (Tª, humedad y horas de luz acordes a las condiciones tropicales), donde se sembraron cuatro tipos de cultivos mayoritarios en la zona, con variedades locales (las semillas fueron previamente germinadas en cámaras de crecimiento manteniéndolas en la oscuridad hasta su germinación y luego se traspasaban a las cubetas). Los cuatro escenarios utilizados en los ensayos para cada uno de los cultivos se corresponden a cuatro tratamientos en términos estadísticos, para ver las respuestas de las plantas al crecer con diferentes contenidos de metales en los suelos. Tres replicaciones por tratamiento y control. El suelo utilizado en los microcosmos de este último es también un suelo agrícola carbonatado y con Al, siendo en esos factores semejante a los de los cuatro escenarios, pero sin metales pesados.

Las cuatro especies cultivadas son dos leguminosas (habichuelas -*Phaseolus vulgaris*- y guandules -*Cajanus cajan*-) y dos gramíneas, (maíz -*Zea mays*- y sorgo - *Sorghum bicolor*-). Ambas constituyen alimento primario para las poblaciones humanas, además de ser forrajeras (especialmente el sorgo y el maíz) para ganado caprino y vacuno o utilizarse como complementos en las dietas alimenticias de las cabras (Tablas 1 y 2) Incluso, las partes no comestibles por las personas se utilizan para alimentación de animales domésticos (cerdos y gallinas) y como abono orgánico para los suelos de cultivo.

Tabla 1. Evolución de los principales cultivos según datos recientes.

Cultivo	1999		2000	
	Siembra (Ha)	Producción (Tn)	Siembra (Ha)	Producción (Tn)
Habichuelas	1045	1368	1393	1404
Guandules	813	2373	559	2917
Maíz	284	619	430	494
Sorgo	189	867	538	337

Los niveles de elementos asimilables son analizados según Lakanen & Ervio, (1971), y mediante espectrofotometría de emisión de plasma, tras moler los suelos en mortero de

ágata y someterlos a ataque ácido con HNO₃ y HClO₄ en proporción 4:1, en el caso de los contenidos totales. Para el resto de parámetros analíticos se siguen las técnicas expuestas en Hernández y Pastor (1989). Además, se ha utilizado la técnica de microscopía electrónica de barrido para saber qué órganos y tejidos vegetales podían acumular metales y en qué cantidades. Se ha efectuado un análisis de la varianza para los resultados procedentes de los bioensayos y se muestra el grado de significación estadística F (***) con un nivel del 99,9%, ** del 99%, *, del 95% y F (fiable) del 90%.

Tabla 2. Utilización más frecuente de especies para suplemento en las dietas alimenticias del ganado caprino en el territorio de estudio (fuente: Rodríguez Goñi, 2002)

Cabritos en desarrollo Cabritas de reemplazo (<i>mayor aporte de proteína</i>)	Sementales , Hembras lactantes y preñadas en el último tercio de la gestación (<i>mayor aporte de energía</i>)
Forraje de guandules y forraje de habichuelas (pastos en lomas) y además de sorgo en pastos llanos)	Subproductos de yuca, batata y otros cultivos + Forraje de maíz.

Resultados

a) Características del sustrato y de los suelos relacionadas con los metales

Las rocas sedimentarias calizas es la litología predominante, aunque podemos decir que los coluviones de calizas son las predominantes en el bosque tropical de coníferas (Bc) y bosque nublado (Bn) de la Sierra de Bahoruco; las calizas cristalinas en el bosque tropical latifoliado (Bl) y las rocas detríticas y arrecifes del cuaternario (carbonatadas sobre alteritas) en el bosque tropical seco (Bs). Exponemos a continuación aquellos resultados que pueden permitir observar las relaciones geoquímicas en este ambiente tropical vinculadas a la salud, tanto de los agroecosistemas del territorio, como a la de los animales por el consumo de forraje y bebida de aguas retenidas en los mismos durante los meses de lluvias.

En la Tabla 3 se muestran tres parámetros edáficos: pH, M.O. y arcilla, relacionados con la disponibilidad de los metales pesados en los suelos. Y en la tabla 4, se pueden apreciar los tipos de arcilla y sus porcentajes en los mismos.

Tabla 3. Valores medios del pH, materia orgánica y arcilla (%) de los suelos de los bosques tropicales de la Reserva.

Suelos	pH	M.O.	Arcilla
Bc	7,6	5,1	18
Bn	7,0	4,8	66
Bl	6,5	3,9	26
Bs	7,5	7,2	29

Hematita, bohemitita y caolín están presentes en los suelos de los tres tipos de bosque, que ahora mantienen diversos cultivos, mientras que la gibsita se encuentra en el bosque latifoliado y en el de coníferas y la calcita se haya en el bosque seco. Los valores medios más elevados son los de calcita y bohemitita.

Tabla 4. Tipos de arcilla y porcentajes medios en suelos deforestados de los bosques utilizados para los ensayos en microcosmos.

Suelo	caolín	hematita	gibsita	bohemia	calcita
Bc	20	42	14	24	-
Bl	14	40	16	30	-
Bs	5	15	-	15	65

b) *Composición de las aguas*

En la Tabla 5, puede verse que, excepto uno, los pH de las aguas analizadas son básicos. La conductividad eléctrica más elevada se encuentra en los pozos, a excepción de la registrada en humedales y laguna salada. En los valores de carbonatos y bicarbonatos no existen importantes variaciones entre las muestras.

Tabla 5. pH, Conductividad eléctrica y contenidos de carbonatos y bicarbonatos en aguas.

nº	Muestras de Agua	pH	C.E.	CO ₃	HCO ₄
Rio Pedernales					
1	Cuenca Alta	8,11	292	13,0	106,0
2	Cuenca Media	7,96	282	0,0	198,7
3	Cuenca Baja	7,52	177	0,0	119,2
4	Agua potabilizada	8,12	259	19,5	66,2
Canales de riego					
5	Cuenca baja (agric.ultura intensiva)	7,90	244	0,0	172,2
6	Cuenca baja (agricultura)	7,31	273	0,0	185,5
7	(agricultura intensiva)	8,26	232	26,1	72,9
Pozos					
8	Pozos en Pasto	8,10	458	13,0	198,7
9	Pozo	7,95	668	0,0	225,2
Lagunas y Humedales costeros					
10	Laguna de Oviedo	7,64	61900	0,0	225,2
11	Humedal del Cabo Rojo	6,90	47500	0,0	225,2

La concentración de aniones existentes en las aguas se observa en la Tabla 6. Al igual que vimos en la tabla anterior, en las muestras de aguas de los ecosistemas del interior, los contenidos más notables que encontramos son los de cloruros y sulfatos hallados en pozos y, lógicamente en lagunas y humedales

En la Tabla 7, siguen destacando los contenidos elevados de Mg y Na en los pozos, y en uno de ellos, situado en un entorno de explotación de bauxita, que actúa como bebedero de ganado y fauna silvestre, además son elevados los contenidos de Al y Fe.

Los compuestos orgánicos existentes en las muestras de aguas recolectadas (Tabla 8) son comunes y frecuentes y su presencia no indica la existencia de ningún tipo de peligrosidad en las mismas.

c) *Resultados de los bioensayos experimentales*

En la Tabla 9 pueden observarse los contenidos de Al cambiante y de metales pesados pseudototales, correspondientes a cuatro suelos utilizados, representativos de tres de los principales tipos de bosque de esta reserva de la biosfera, en sus zonas dedicadas a usos agrícolas y que fueron depositados en los microcosmos. En ellos se sembraron las dos

especies de leguminosas estudiadas, habichuelas (*Phaseolus vulgaris*) y guandules (*Cajanus cajan*) y los dos cereales, maíz (*Zea mays*) y sorgo (*Sorghum bicolor*).

Tabla 6. Concentraciones (mg/l) de aniones en las aguas

nº	Muestras de Agua	F	Cl	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄
Río Pedernales							
1	Cuenca Alta	0,13	7,29	0,25	5,14	0,0	1,32
2	Cuenca Media	0,15	3,37	0,16	4,4	1,23	1,48
3	Cuenca Baja	0,16	4,08	0,23	1,52	0,0	1,18
4	Agua potabilizada	0,15	4,79	0,25	6,2	0,0	2,04
Canales de riego							
5	Cuenca baja (agricultura Intensiva)	0,15	3,51	0,19	3,0	0,0	2,01
6	Cuenca baja (agricultura)	0,14	7,43	4,81	0,45	0,0	2,69
7	(agricultura intensiva)	0,17	7,38	0,35	1,41	0,0	2,47
Pozos							
8	Pozo en pasto	0,13	60,22	0	0,46	0,0	11,61
9	Pozo	0,13	27,18	0	3,31	0,0	5,65
Lagunas y Humedales costeros							
10	Laguna de Oviedo	0,0	30025,0	0,48	0,34	0,0	4888,5
11	Humedal del Cabo Rojo	0,0	24875,0	0,38	0,38	0,0	3996,5

Tabla 7: Contenido de Cationes en las aguas (mg/l).

nº	Muestras de Agua	Ca	Mg	K	Na	Al	Fe	Mn
Río Pedernales								
1	Cuenca Alta	63,0	0,2	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0
2	Cuenca Media	62,8	0,8	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0
3	Cuenca Baja	34,5	0,7	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0
4	Agua potabilizada	56,6	0,9	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0
Canales de riego								
5	Cuenca baja (agricultura Intensiva)	53,4	1,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0
6	Cuenca baja (agricultura)	56,9	1,0	0,3	6,0	0,0	0,0	0,0
7	(agricultura intensiva)	40,7	2,5	0,0	4,2	0,0	0,0	0,0
Pozos								
8	Pozo en pasto	37,1	8,7	38,6	21,1	0,7	1486,0	1,1
9	Pozo	83,4	10,0	3,0	65,6	0,0	0,0	0,0
Lagunas y Humedales costeros								
10	Laguna de Oviedo	998,7	2594,3	835,0	16847,0	0,0	0,0	0,0
11	Humedal del Cabo Rojo	1038,3	2153,5	643,4	11607,0	0,0	0,0	0,0

Pueden verse también los niveles de referencia de los metales que corresponden a la normativa europea, por encima de los cuales puede haber contaminación en los suelos (<http://edafología.ugr.es/conta/tema15/riesgos.htm>).

Los contenidos de metales pesados, si bien en este caso son de origen litogénico, fueron generalmente más elevados que los niveles de referencia utilizados en la bibliografía, como correspondientes a suelos con contaminación demostrable y por tanto que pueden perjudicar a los organismos que en ellos crecen. Concretamente el Ni, Cu y especialmente el Cd, fueron notablemente elevados en los cuatro suelos de cultivo. Así el contenido de Ni se acercó en uno de los suelos a 235 ppm, el Cu a 255 ppm y el Cd a 43 ppm. De los restantes metales, pesados, el Cr alcanzó los 171 ppm y el Zn, 504 ppm. Finalmente el contenido de Al, no el pseudototal sino el disponible, alcanzó los 685 ppm.

Tabla 8. Compuestos orgánicos en las aguas.

Río Pedernales		Canales de riego	Poza de pasto	Oviedo (Laguna)	Cabo Rojo (Humedal)
Cuenca alta	Cuenca baja				
Ácido nonanoico	Diisobutil ftalato	Dietil ftalato	Diisobutil ftalato	Ácido nonanoico	Eicosano
2,4-diterbutilfenol	Dibutil ftalato	Diisobutil ftalato	Eicosano	n-hexil isobutirato	Tetracosano
Dibutil ftalato	Hexacosano	Dibutil ftalato	Tetracosano	Diisobutil ftalato	Diocetil adipato
n-Tetracosano	Diocetil adipato	Ácido hexadecanoico	Diocetil adipato	Eicosano	Hexatriacontano
Diocetil adipato	Diocetil ftalato	Ácido oleico	Hexatriacontano	Tetracosano	Diocetil ftalato
10-Metilnonadecano	Escualeno	Ácido esteárico	Diocetil ftalato	Diocetil adipato	Escualeno
Diocetil ftalato		Diocetil ftalato		Diocetil ftalato	
Escualeno		Escualeno			
		Colestadieno			

Tabla 9. Valores (ppm) de metales pesados pseudototales presentes en los suelos utilizados en los microcosmos y Al cambiante, según los usos más frecuentes en los distintos tipos de bosque.

Suelo	Al*	Cd	Cr	Cu	Zn	Ni
Bs 1	44	8,4	68,7	72	139	89,9
Bs 2	nd	37	171	259	148	180
Bl	685	28,8	103	259	504	234,5
Bc	168	42,6	50,6	165	121	165,6
Nivel ref.		0.8	100	36	140	35

*método de Lakanen & Ervio; nd: no determinado

En las Tablas 10 a 14 se muestran los resultados obtenidos en los bioensayos experimentales con los cuatro cultivos mayoritarios, en cuanto a los niveles de metales pesados en las partes aéreas de los mismos. Se observa, (Tabla 10) que, al estudiar los contenidos de metales en los frutos de habichuela, existen diferencias significativas, cuando éstas crecen en los diferentes suelos. Los contenidos de Cu en los frutos son más elevados que los valores de referencia en todos los suelos estudiados. Los contenidos de Zn y Mn superan dichos valores si el cultivo se sitúa en el bosque de coníferas. No hay presencia detectable de otros metales dañinos como el Cd; los valores de Cr y Ni, tampoco son elevados y no se recogen en la tabla.

Tabla 10. Niveles de metales (ppm) en frutos de habichuelas locales (*Phaseolus vulgaris*) cuando crecen en los suelos de los microcosmos.

Suelo	Fe	Mn	Zn	Cu	Al
Control	80,3±11,2	24,1±4,3	18,5±4,1	8,5±2,2	35,4±9,0
Bl	82,9±9,5	26,6±5,8	27,8±3,7	7,6±1,0	10,1±6,8
Bs 1	68,5±15,9	18,3±1,7	27,8±4,9	12,4±5,8	13,7±13,5
Bs 2	59,9±8,1	21,4±0,8	26,0±5,3	10,3±0,8	8,0±2,4
Bc	93,0±12,5	52,3±13,4	92,2±62,6	72,6±90,0	30,117,8
F	3,219*	14,969***	6,827**	4,470*	2,869 ^F
WHO ref. (foods)	n.d.	< 32,5	<45,0	< 2,90	n.d.

Existen también diferencias significativas en los contenidos de algunos de los metales de las hojas de las habichuelas, (Tabla 11), cuando crecen en los diferentes suelos, excepto para el Al, cuyo contenido es muy elevado, así como el del Fe, Mn y Cu son también altos, mientras que son bajos los valores de Zn, Cr y Ni., y no hay presencia de Cd. Sin embargo, en las hojas de sorgo (Tabla 12), pudimos observar que a nivel celular, los porcentajes de Cu, Ni y Cr son elevados y también hay presencia de Cd.

Tabla 11. Metales pesados en hojas de habichuelas locales (*Phaseolus vulgaris*).

Suelo	Fe	Mn	Cu	Zn	Cr	Ni	Al
Control	603,5±278,5	385,0±69,4	5,7±2,5	32,3±4,6	0,0±0,0	2,5±3,8	915,3±506,7
Bl	1474,3±1628,5	312,3±82,8	20,5±9,4	35,3±6,0	4,9±9,2	2,5±5,5	2152,2±2404,1
Bs 1	980,7±1031,1	358,3±125,3	29,9±13,2	30,4±9,1	2,7±5,3	1,9±2,7	1392,3±1582,5
Bs 2	895,6±672,9	399,9±72,1	30,5±7,4	43,7±8,4	4,1±6,9	2,5±3,0	1309,7±1079,2
Bc	1145,3±987,7	557,4±125,6	11,2±3,8	33,5±4,9	3,7±4,9	3,1±4,5	1890,3±1823,6
F	0,632	7,352***	13,462***	4,052**	1,562	0,221	0,602
WHOref.	n.d	< 32,5	< 2,90	<45,0	< 30,0	< 9,80	n.d.

Tabla 12. Variación en el contenido de metales pesados (%) en células epidérmicas (externas), del mesófilo (media), de la túnica vascular (interna) y vasos conductores en una hoja de sorgo.

Metal	Bs 1			Vaso	Bc
	Célula				Célula
	externa	media	interna		epidermis
Cr	9,1	8,8	9,6	8,5	9,0
Fe	31,5	37,7	32,0	36,0	35,3
Ni	11,1	12,1	9,2	13,0	21,9
Cu	19,5	15,4	16,7	19,3	22,0
Zn	n.d.	6,4	2,5	2,7	n.d.
Cd	n.d.	0,34	n.d.	3,7	0,86

n.d.: no detectado

Tabla 13. Porcentajes medios del contenido en metales pesados en células de hoja de maíz crecido en el suelo procedente de una escombrera de explotación de bauxita.

Metales (%)	Epidermis Hoja		Vasos Hoja
	Haz	Envés	
	Al	0,09±0,22	
K	29,29±11,73	28,96±3,73	41,54±16,57
Ca	9,28±7,64	8,29±1,39	4,51±2,09
Fe	9,56±2,49	11,94±2,69	12,85±10,18
Ni	12,36±7,34	14,61±1,87	6,79±1,63
Cu	37,52±7,38	23,67±0,49	18,89±10,55
Zn	4,53±4,77	4,61±0,13	7,55±9,55
As	0,69±0,98	1,63±2,31	n.d.
Cd	4,24±3,55	6,32±5,24	2,44±4,88
Pb	n.d.	n.d.	n.d.

n.d.: no detectado

En la Tabla 13, vemos lo que ocurre en células de hojas del maíz cuando crece en los suelos del entorno donde se encuentran explotaciones de bauxita, y es la existencia en las hojas de contenidos elevados de Cu, seguidos de Ni. Aunque los niveles de Zn son bastante discretos. Pero en este caso, los contenidos de Cd son suficientemente elevados como para ser tenidos en cuenta y también existen pequeñas cantidades de As a considerar. El Pb no aparece en ningún caso. El Al únicamente puede observarse en las células del haz, pero no en las del envés ni en los vasos conductores. Los contenidos de K y Ca son muy similares en las células del haz y en las del envés. El K es muy elevado en las células de los vasos conductores.

Finalmente, en la Tabla 14, vemos lo que sucede en diferentes tejidos de las hojas de guandules, donde también existen niveles apreciables de Cu, Ni, Cd, As y de otros metales dañinos (Cr).

Tabla 14. Contenidos de metales (%) a nivel celular de diferentes tejidos vegetales en hojas de guandules (*Cajanus cajan*) creciendo en suelo de uso agrícola del bosque seco.

Metal	Epidermis	Parénquima	Vaso	Pelo de Epidermis
Cr	5,9	5,6	6,4	5,1
Fe	22,7	22,9	23,2	20,4
Ni	17,0	14,8	17,3	19,7
Cu	23,8	26,1	22,6	17,1
As	8,4	7,4	2,9	8,3
Cd	2,8	4,0	1,2	7,2

Discusión

Aunque se trata de suelos básicos y la disponibilidad de los metales pesados, decrece a medida que aumenta el pH, los resultados obtenidos en el análisis de las plantas cultivadas, muestran que cantidades relevantes de los mismos pasan a ellas desde los suelos. Como puede apreciarse, especies de una misma familia botánica, captan de forma desigual los metales. Este resultado es análogo a los que se presentan en Adriano (2001). Además, en el caso de los suelos analizados en estos bosques tropicales, se deberá hacer un seguimiento de los metales pesados concretos que, según los resultados obtenidos, pueden pasar a la cadena trófica, afectando a la salud de los cultivos, a la de los herbívoros y a las poblaciones humanas que de ellos se alimentan (Hapke, 1986).

Resaltamos a continuación, algunas de las ecopatologías, siguiendo la terminología empleada por Pérez (2001), que causan los metales que hemos encontrado y que han mostrado mayor relación con la geoquímica de los suelos estudiados.

El Cd nos parece especialmente peligroso en los suelos de la provincia de Pedernales. Este elemento se encuentra en la naturaleza asociado a otros metales, especialmente al Zn, Pb y Cu. Es uno de los tóxicos más peligrosos. A través de las plantas pasa a la cadena alimentaria y es un metal de carácter acumulativo en los organismos. La intoxicación de los vegetales por el Cd genera alteraciones en la función clorofílica (marchitez, necrosis, clorosis en hojas), inhibiendo los procesos de fotosíntesis y la fijación del dióxido de carbono, lo cual conduce a la muerte de las especies a corto plazo (Landis y Min-HoYu, 1991). Hemos detectado que además de ser un elemento de origen litogénico, en las prácticas agrícolas en Pedernales y por la grave carencia de P en los suelos, se usan fertilizantes fosfatados y, aunque se sabe que reducen la disponibilidad de los metales pesados, esto no sucede para el caso del Cd. Así mismo,

las plantas toman más este metal cuando el contenido en Zn en los suelos es bajo (Liphadzi & Kirkhan, 2006). Los efectos tóxicos del Cd son mucho más agresivos en el mundo vegetal y en los herbívoros, (cabras y vacas en este territorio), mientras que en los carnívoros no se ha descubierto hasta la fecha ninguna ecopatología causada por éste metal. En la especie humana, puede permanecer en el cuerpo durante mucho tiempo y puede acumularse a partir de muchos años de exposición a bajos niveles. Comer alimentos con contenidos importantes de Cd irrita seriamente el estómago produciendo vómitos y diarreas, y su acumulación puede ocasionar daños a riñones, pulmones y huesos (Hapke, 1996). Porcentajes altos de ganado caprino en la provincia Pedernales de este territorio, que padecen diarreas en las áreas afectadas por este metal, según el informe de Rodríguez Goñi (2002), quizá pueda estar relacionado con el contenido de Cd que tiene el forraje que consumen en ellas, (ver Tabla 2). En este estudio ya lo hemos encontrado en cantidades peligrosas en algunas células y tejidos, pero estamos empezándolo a encontrar en las muestras de las plantas forrajeras, que estamos analizando actualmente.

Un micronutriente esencial para las plantas es el Cu, del que se conocen bien sus efectos tóxicos en las habas (Hernández *et al.*, 2006) y, en general, en las leguminosas. Son conocidos los daños que se producen en la membrana citoplasmática de las células vegetales y animales debidos al Cu. Este metal junto con el Cd son los más peligrosos entre los existentes en los suelos del territorio. De los otros metales existentes, los componentes hidrosolubles del Cr VI son muy tóxicos. Este metal tiende a acumularse en las raíces de las plantas, pero hay estudios que muestran también efectos tóxicos en el tracto respiratorio (Pichard, 2004), ya que es acumulativo en la cadena trófica. Por otra parte el Ni, que previene de la acumulación de urea en legumbres, puede ser tóxico en niveles a partir de 10 ppm en planta, inhibiendo la división celular de los meristemas y limitando la expansión de las raíces (Liphadzi & Kirkhan, 2006). Sin duda se precisarán nuevos análisis químicos en las plantas cultivadas para aproximarnos mejor a la posible acción del Cr y del Ni, a juzgar por los resultados obtenidos a nivel celular (tablas 12, 13 y 14).

De otros elementos encontrados, su incidencia en la salud es menor; el Zn es un micronutriente esencial, considerado como no peligroso para el hombre, aunque su toxicidad puede aumentar debido a la presencia de arsénico, plomo y cadmio. A diferencia de otros metales pesados, el Zn suele irse perdiendo a lo largo de la cadena trófica en vez de acumularse. La clorosis inducida por sus efectos tóxicos en planta, hecho que hemos observado especialmente en las especies que crecen en los suelos con bauxita correspondientes al bosque tropical de coníferas en este territorio, puede inducir la deficiencia del Mg o del Fe, nutrientes básicos para todos los organismos. La toxicidad del Mn, se debe a su absorción en suelos con Al y bajo pH (Hernández, 1986 y 1987) y, aunque en este territorio los suelos son básicos, presentan niveles muy altos de Al, por lo que pensamos será necesaria una mayor investigación en relación a la relación de toxicidad de ambos metales.

Entre las causas de mortandad de las cabras jóvenes se ha citado su desnutrición debido a que las madres no dan suficiente leche (Rodríguez Goñi, 2002). Puede ser que haya además alguna relación de este efecto con los oligoelementos que se encuentran en las plantas de su dieta alimenticia. Pero no olvidemos que en el caso de los oligoelementos, tanto la deficiencia como el exceso pueden ocasionar problemas. En este sentido, los

altos valores de Fe y Al en aguas, estancadas en ciertos suelos para que beba el ganado (ver tabla 7), puede ser un grave riesgo para la salud animal.

Conclusiones

Se parte del presupuesto de que la salud de ecosistemas es uno de los pilares en que se apoya el desarrollo sostenible, por lo que comienza a ser un nuevo lenguaje para el discurso público de la contaminación. La hipótesis de que metales pesados producidos por una acción geoquímica en algunos ecosistemas tropicales de la República Dominicana, pueda estar relacionada no solo con la productividad del sistema, sino también con la animal y la salud humana, nos ha conducido a estudiar la biodisponibilidad por parte de los cultivos mayoritarios de un territorio que alberga la única Reserva de la Biosfera en dicho país. Los resultados obtenidos en relación a los metales pesados que presentan las partes recolectables de los cultivos, muestran presencia de diferentes metales, a veces en contenidos perjudiciales. A la luz de lo observado, se realiza una discusión de las patologías que pueden sufrir las plantas que los absorben y las personas y animales que se alimentan de las mismas. Esta cuestión obliga a detectar también los metales en las aguas utilizadas por los animales para beber, así como en el riego de los cultivos.

En relación a los análisis de las aguas, la alta conductividad y los contenidos de cloruros y sulfatos, además de Al y Fe en el agua de pozos, indican que procesos geoquímicos pueden estar implicados con su salubridad tanto para cultivos de regadío como para el ganado. En relación con los contenidos de metales en diferentes partes de las plantas analizadas, existen diferencias en cuanto a los contenidos de metales en las hojas de todos los cultivos (habichuelas, guandules, maíz y sorgo) cuando crecen en estos suelos los niveles de Al son muy elevados, los de Mn y Cu son elevados y los de Zn, Cr y Ni son bajos. No hay presencia de Cd. No obstante, en diferentes tejidos de las hojas de guandules, existen niveles apreciables de Cu, Ni, Cd, As y de Cr. Además, resultados obtenidos mediante microscopía electrónica de barrido, han confirmado a nivel celular este resultado analítico. También, en células de hojas del maíz, cuando crece en los suelos donde se ha explotado la bauxita, vemos la existencia de contenidos elevados de Cu, seguidos de Ni. Los contenidos de Cd son también suficientemente elevados para ser tenidos en cuenta; también existen pequeñas cantidades de As a considerar

Por otra parte, en los frutos de habichuela, vimos que el Cu es más elevado que los valores de referencia para este metal en suelos. Los contenidos de Zn y Mn superan dichos valores en uno de los suelos. No hay presencia detectable de otros metales dañinos como el Cd. Los valores de Cr y Ni, tampoco son elevados.

Queremos señalar que el Cd nos parece especialmente peligroso en los suelos del territorio estudiado. Hemos detectado que, además de ser un elemento de origen litogénico, en las prácticas agrícolas realizadas, y por la grave carencia de P en los suelos, se usan fertilizantes fosfatados, que si son de baja calidad pueden contener Cd. Asimismo, las plantas toman más este metal cuando el contenido en Zn en los suelos es bajo, como es el caso frecuente. Sus efectos tóxicos son mucho más agresivos en el mundo vegetal y en los hervíboros (cabras y vacas en este territorio). En este estudio ya lo hemos encontrado en cantidades peligrosas en algunas células y tejidos de las plantas cultivadas.

Agradecimientos: Esta investigación está siendo financiada mediante el Proyecto CTM2005-02165/TECNO del M^o de Educación y Ciencia de España y el Programa EIADES de la Comunidad de Madrid.

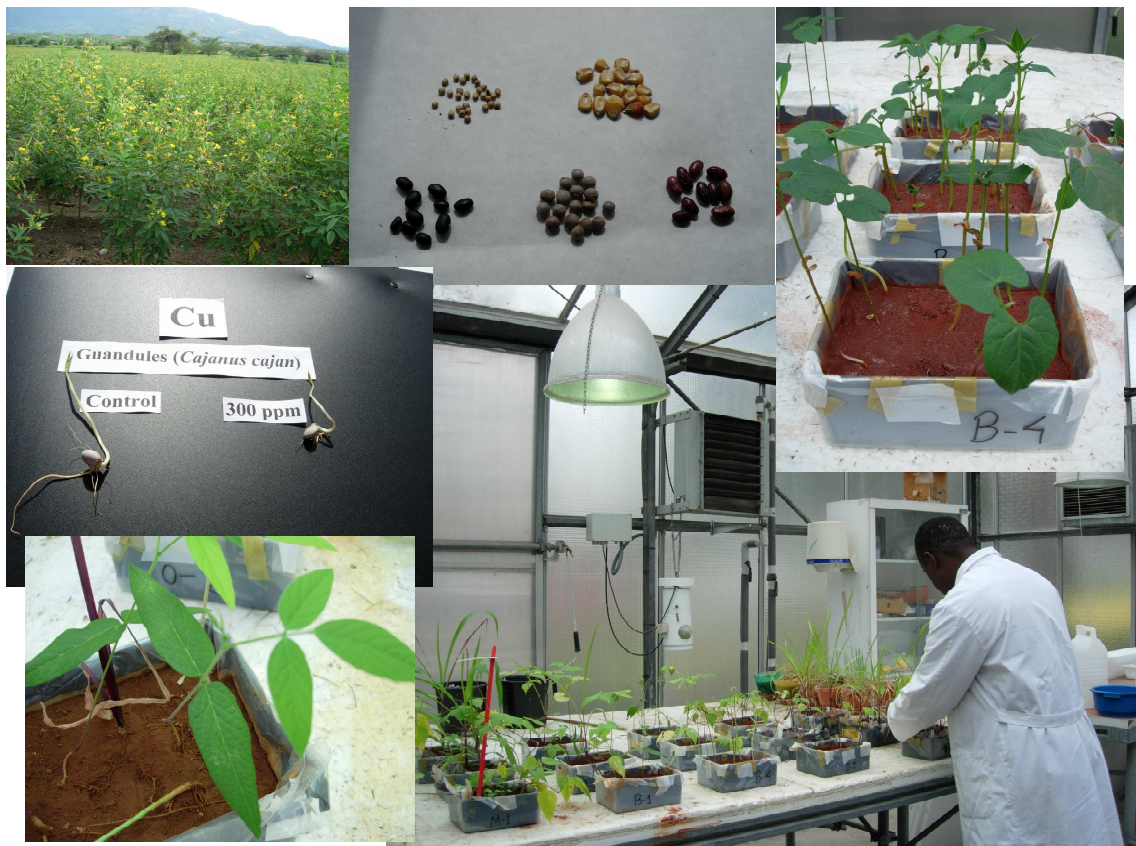
Referencias bibliográficas

- Adriano, D. C. 2001. *Trace elements in the terrestrial environment*. Springer-Verlag, Berlín.
- Calow, P. 1995. Ecosystem Health. A critical análisis of concepts. In: *Evaluating and Monitoring the Health of Large-Scale Ecosystems*. NATO ASI Series, vol. 138, Springer-Verlag, Berlín, pp. 33-41.
- Di Gulio, R. T.; Monosson, E. 1996. *Interconnections between Human and Ecosystems Health*. Champman & Hill.
- Hapke, H.J., 1986. Heavy metals transfer in the food chain to humans. In: C. R. Barrueco (ed). *Fertilizers and Enviroment*. Kluwer Academic Publishers: 431-436.
- Hernández, A. J.; Pastor, J. 1989. Técnicas analíticas para el estudio de la interacción suelo-planta. *Henares, Revista de Geología*, 3: 67-102.
- Hernández A. J, 1986. Acción del aluminio del suelo sobre los vegetales, microflora y microfauna edáficas. *Anales de Edadafología y Agrobiología*, 9-10: 1369-1388.
- Hernández, A. J. 1987. Fitogeoquímica de suelos ácidos. *Henares, Revista de Geología*, 1: 43-52.
- Hernández A. J.; Alexis, S.; Pastor, J, 2005. Contribución al estudio de la degradación de los suelos de los bosques tropicales de la provincia de Pedernales (República Dominicana). En: Jiménez Ballesta R.; Álvarez, A. M. (eds.). *Control de la degradación de suelos*: 173-178,. Ed. Comunidad de Madrid, España
- Hernández, A. J.; Vizcayno, C., Alexis, S.; Pastor, J. 2006 a. Procesos antropodéficos frecuentes en la Reserva de la Biosfera *Jaragua-Bahoruco-Enriquillo* (República Dominicana). En: J. F. Gallardo (ed), *Medioambiente en Iberoamérica, Visión desde la Física y Química en los albores del s. XXI*. Ed. Diputación de Badajoz: 223-229.
- Hernández, A. J.; Alexis, S., Fernández-Pascual, M.; Pastor, J. 2006 b. Estudio de la nutrición mineral de *Phaseolus vulgaris* L. en suelos de cultivo que contienen metales pesados. En: Lamsfus, C. (ed.-coord.) *Nutrición mineral. Aspectos fisiológicos, agronómicos y ambientales*. Eds. de la Universidad Pública de Navarra, Pamplona.: 573-580.
- Hernández, A. J.; Pastor, J. 2007. Ecosystem health and geochemistry: concepts and methods applied to abandoned mine sites. In: *Exploring our Environment*, 23rd International Applied Geochemistry Symposium (IAGS), Oviedo: 219-231.
- Hernández, A. J.; Alexis, S.; Pastor, J. 2007. Soil degradation in the tropical forests of the Dominican Republic's Pedernales province in relation to heavy metal contents. *Science of Total Environment*, 378: 36-41.
- Landis, W. G.; Yu, M. H. 1999. *Environmental Toxicology. Impacts of Chemical upon Ecology Systems*. Lewis Publishers. Boca Raton 390 pp
- Lakanen E., Ervio R. 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. *Acta Agricultura Fennica*; 123: 223-232.
- Liphadzi, M. S.; Kirkhan, M. B. 2006. Physiological Effects of Heavy Metals on Plant Growth and Function. In: *Plant-Environment Interactions*. B. Huang (ed.). Taylor and Francis, New York: 243-269.
- Ortega, J. A.; Ferris, J. Cánovas, A.; García Castell, J. 2005. Neurotóxicos medioambientales. (II). Metales: efectos adversos en el sistema nervioso fetal y postnatal. *Acta Pediátrica Española*, 63: 182-192.
- Pérez, F. 2001. Ecopatologías: influencia en la salud pública y sanidad animal. *Anales de la Real Academia Nacional de Medicina*:137-170.
- Pichard, A. (coord.) 2004. *Fiche de donnes toxicologiques et environnementales des substances chimiques. Crome et ses derivés*. INERIS, Version N° 2-4.

- Prüss-Üstin, A.; Corvalán, C. 2006. *Informe de la Organización Mundial de la Salud*.
www.who.int/es
- Rapport, D. J. et al.(eds.) 2003. *Managing for Healthy Ecosystems*. Lewis Publishers, USA.
- Riesgos y Legislación en material de suelos contaminados por metales pesados,
<http://edafología.ugr.es/conta/tema15/riesgos.htm>
- Rodríguez Goñi, A. 2002. *Análisis y alternativas tecnológicas en la crianza caprina en Pedernales*. Documentación ARAUCARIA.
- UNESCO, 1978. *Boletín del programa MAB "La Naturaleza y sus Recursos"*, vol XIV, 1:14

CAPÍTULO VI

ESTUDIO DE LOS CULTIVOS BÁSICOS PARA LA ALIMENTACIÓN HUMANA Y DE LOS ANIMALES EN ESCENARIOS REPRESENTATIVOS DE LOS USOS DEL SUELO



1. PRESENTACIÓN DEL CAPÍTULO

El primer artículo que se expone, correspondiente a la composición de semillas y especies silvestres consumidas por la población humana y animales en el territorio de estudio corresponde básicamente al planteamiento y resultados analíticos de un trabajo en preparación.

Sin embargo el siguiente artículo, corresponde al texto íntegro del artículo publicado: “Estudio de la nutrición mineral de *Phaseolus vulgaris* L en suelos de cultivo que contienen metales pesados” En *Nutrición Mineral. Aspectos fisiológicos, agronómicos y ambientales*. C. Lamsfus (Ed.Coord). Ed. Universidad Pública de Navarra: 573-580. Aspectos parciales del mismo fueron expuestos en *CICTA 2005, The Environment: A Challenge for the Scientific Research. Abstracts 6º Congreso Ibérico y 3º Iberoamericano de Contaminación y Toxicología Ambiental*, 248-249, Cádiz, septiembre. Sociedad Iberoamericana de Contaminación y Toxicología Ambiental, como “Evaluación de la toxicidad debida a la acción conjunta de metales pesados del suelo en la cuenca de Pedernales (República Dominicana) en *Phaseolus vulgaris*.”

En tercer lugar aparece el trabajo que en el momento actual está en preparación para ser publicado, por lo que no aparecen aspectos relativos a su discusión. No obstante, algunos de sus resultados fueron expuestos con el título “Estudio ecofisiológico de dos variedades de *Phaseolus vulgaris* L. en suelos con contenidos elevados de metales de la provincia de Pedernales (República Dominicana), en *Ecofisiología Vegetal, Contribuyendo al conocimiento de la flora nativa iberoamericana*. IX Congreso Latinoamericano de Botánica, pp. 304-306. Ed. Jardín Botánico Nacional. Santo Domingo, República Dominicana. ISBN: 9945-42800-4.

Y en cuarto lugar, se muestra un trabajo en vías también de preparación final que será presentado en *The Third International Meeting on Environmental Biotechnology and Engineering (3IMEBE)*, en Septiembre del año en curso, si bien algunos de sus resultados fueron expuestos en el *IX Congreso Nacional de Sanidad Ambiental / Sevilla 2007*, “Acción conjunta de metales pesados del suelo en cultivos (maíz y sorgo) para alimentación humana y uso forrajero“, cuyo resumen es recogido en la revista.

2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE VARIEDADES LOCALES DE SEMILLAS UTILIZADAS PARA EL CONSUMO HUMANO Y FORRAJERO Y DE ESPECIES SILVESTRES CONSUMIDAS POR ANIMALES EN EL TERRORIO DE PEDERNALES

Resumen

Han sido analizadas las semillas de especies pertenecientes a los principales cultivos utilizados para la alimentación humana y forrajera en la provincia de Pedernales (República Dominicana): habichuelas roja y negra, guandules, maíz y sorgo. Así mismo, por la importancia del mercado, el café, en forma separada el grano y la cáscara, ya que esta última suele ser utilizada para abono verde. Se han analizado igualmente, otras semillas de especies silvestres leñosas utilizadas por el ganado caprino que pastorea libremente, así como otras gramíneas consumidas por ganado vacuno que pastorea también de forma libre en el bosque seco de este territorio. Por último se presenta la composición de las semillas de otras dos especies herbáceas (una crucífera y otra leguminosa) que son consumidas por algunas aves de la zona.

Por primera vez se muestran resultados de este tipo para que puedan servir como base a futuros estudios acerca de la sanidad pública en general y ambiental, en particular.

Palabras clave: fabáceas tropicales, forrajeras tropicales, café, composición mineral.

Introducción

En la actualidad, la producción agrícola se encuentra atravesando una crisis estructural asociada a los mercados de productos tradicionales. Sin embargo, se registra una expansión de la agricultura migratoria en la zona alta de la provincia, concretamente en la zona noroccidental de la Sierra de Bahoruco, llevada al límite de zonas núcleo de la reserva de la biosfera del país dominicano en el territorio de Pedernales, la frontera agrícola con cultivos; los cuales, en muchos casos, se realizan desmontando porciones de bosque o en su defecto sin prácticas de conservación de suelos en zonas de elevadas pendientes como son: Los Arroyos, Aguas Negras y Las Mercedes.

La agricultura de subsistencia de carácter migratorio llevada a cabo por agricultores haitianos y dominicanos, supone a corto plazo una amenaza mayor no solo para la conservación de suelos y bosques en este territorio, sino por la implicación del paso de metales pesados a los cultivos (Hernández et al., 2006; Alexis et al., 2007).

El propósito de este trabajo estriba en conocer la composición química de las semillas de plantas cultivadas, utilizadas en la alimentación humana y animal, así como de las de otras especies silvestres que sirven de alimento a distintos animales que las consumen, ya que en otros trabajos anteriores (Hernández et al., 2007 a y b) hemos puesto de manifiesto la importancia de esta cuestión para la sanidad ambiental y, en definitiva, para la salud pública.

Material y métodos

A partir de una actualización acerca de los cultivos importantes para la nutrición humana y el uso forrajero en la provincia de Pedernales, se procedió a la recolección de semillas de los cultivos más emblemáticos en la misma (habichuelas roja y negra, guandules, maíz, sorgo y café). Por otra parte, a partir de nuestras observaciones en relación al ganado que pasta libremente en la zona, se recogieron muestras de algunas especies arbustivas y leñosas, que son ramoneadas por ganado caprino, así como de especies de gramíneas del bosque seco que pastan, de forma libre, el ganado vacuno. Por último, fueron recogidas otras dos especies nativas (una crucífera y otra leguminosa rastrera), cuyas semillas son consumidas por aves de la zona.

Todo el material vegetal recolectado, perteneciente a diferentes poblaciones dentro del área de estudio, ha sido descrito y analizado químicamente, después de ser lavado con agua desionizada, pesado y convenientemente molido. Los macronutrientes y los contenidos pseudototales de los metales han sido determinados en el material vegetal molido, mediante espectroscopia de emisión de plasma, tras someterlo a un ataque ácido con HNO₃ y HClO₄ en proporción 4:1.

Resultados

En el estudio de investigación de mercado de los productos agropecuarios en la provincia de Pedernales elaborado por SEA – ARAUCARIA – BAHORUCO en 2003, al que hemos tenido acceso, se dice que hay un universo de 1.320 productores agrícolas en la provincia de Pedernales. Y en una consulta realizada a casi la mitad de los productores de ese universo, se ha recabado la opinión de que el cultivo más importante para ellos según el valor bruto de la producción que aporta, es el guandul, seguido por

la habichuela roja, la auyama, la habichuela negra, la zanahoria y el café, entre todos los demás cultivos (Tabla 1). La zona con más productores se localiza en la parte media de la cuenca del río Pedernales (Mencía, La Altagracia y Aguas Negras), seguida de la zona del término municipal de Oviedo y después la de Pedernales, esencialmente en las zonas de Los Olivares y las Mercedes.

La actividad productiva más importante en este territorio es la agricultura, seguida de la ganadería, donde resalta el uso de ganado caprino, por ser una actividad ganadera que no requiere de gran esfuerzo e inversiones importantes para producir. El censo de la Secretaría de Estado de Agricultura (SEA) del país dominicano del año 1998, cuantificaba 4.436 cabezas de caprino (1,75% del total para dicha ganadería en el país), manejados por 271 productores de la población de esta provincia dominicana.

Este dato es fruto del análisis y contraste de la información obtenida con otros documentos sobre el manejo del Bosque seco y de la situación del sector ovino y caprino en República Dominicana (Bohnert 1991; Abreu, 1998).

Al haber un pastoreo extensivo comunitario, caracterizado porque los animales pasan la noche estabulados y por el día salen a pastorear, basándose su alimentación principalmente en el ramoneo de especies leñosas de zonas amplias, combinado con el pastoreo libre en el que no hay ningún tipo de manejo, además del pasto estabulado con cercas, se han querido analizar algunas de las especies más apetecidas por este ganado que se mantiene “sabaneando”, haciendo uso de los recursos que el bosque seco les proporciona.

La cabra es una animal capaz de consumir y transformar en nutrientes una gran variedad de especies vegetales. Aunque tienen preferencia por los sabores amargos, los brotes tiernos y por los alimentos fibrosos, que consumen mediante el ramoneo de arbustivas (entre el 40 y 60 % del consumo total). En los pesebres se utiliza el maíz para disfrazar esos sabores. Y para aumentar la productividad numérica, peso al nacimiento, peso al destete y mejorar los índices de fertilidad, se les da un aporte suplementario a base de restos de cosecha y forrajeras. Se indican algunas forrajeras y restos de cosecha con las que suplementan a los animales (Tabla 2).

Este estudio también reveló que un 75.6 % de la producción de los diferentes productos agrícolas de la provincia es dedicada a la venta, un 11.5 % se dedica al consumo como

material de siembra para la próxima cosecha, un 2.4 % es dedicada al consumo humano, un 4.9 % se dedica al consumo animal, y el restante 2.9 % se dedica a otros usos. Estas cifras dan información del alcance de los aspectos vinculados a la nutrición humana y animal tanto dentro como fuera de este territorio.

Tabla 1. Áreas de siembra y producción de cultivos en la provincia de Pedernales (Fuente: Secretario de Estado de Agricultura (SEA) (República Dominicana, 2007).

Cultivos	2004		2005		2006	
	Siembra (Ha)	Producción (Tn)	Siembra (Ha)	Producción (Tn)	Siembra (Ha)	Producción (Tn)
Habichuelas	3652	23,5	2557	135,1	3463	1177,9
Guandules	430	932,8	305	217	606	3637,5
Maíz	1832	43,3	913,5	82	916	359,5
Sorgo	200	1838,5	335	345	200	364,5
Café	1259	3487	879	2689	987	2489
Plátanos	669,2	9,6	1210,7	8,1	1025	5,4
Guineos	235,5	667,3	211,9	707,3	327,1	548,6
Maní	182	11,5	169	1,2	1467	1,5
Batata	465,5	86,2	596,5	12,5	349	12

Papa	266	1304	135,3	2249,3	313	1548
Yuca	1035,7	114,7	1145,7	147,2	94	348,5
Aguacate	62,9	64,6	88,25	112,5	158	250
Ñame	292,7	22,5	162,7	12	420	5
Ajies	307,7	32	208,7	10,5	197	20,3
Cebolla	513,1	767,5	462,9	67,5	346	80
Auyama	405,2	139	306,7	72	163	206
Cilantro	105,6	2	66,3	1,3	35	1,5
Remolacha	36,4	2,3	16,1	1,5	5	2,2
Repollo	112	6,4	48,9	8	88	19
Tomate	64,7	17,6	68,8	53,5	62	340
Zanahoria	58,8	789,1	41,3	280,5	72	350
Lechosa	126,5	49,4	62,1	18,9	92	33

Tabla 2. Utilización más frecuente de especies para suplemento en las dietas alimenticias del ganado caprino en las lomas de la provincia de Pedernales.

Mayor aporte de proteína	Mayor aporte de energía
Pulpa de café	
Forraje de guandules	Forraje de maíz
Forraje de habichuela	
Forraje de sorgo	

A continuación se muestran algunas características de los cultivos tropicales en el territorio de estudio, cuyas semillas han sido analizadas. En primer lugar nos referimos a los cultivos vegetales de dos especies de leguminosas (*Fabáceas*), una herbácea y anual, *Phaseolus vulgaris* L., habichuelas en lenguaje local y frijol en otros países latinoamericanos. Es una leguminosa originaria de América central y actualmente Latinoamérica aporta una producción del 30% a nivel mundial. Es una especie altamente polimórfica. Las semillas analizadas (Tablas 3 y 4), corresponden a las recogidas en el territorio, que son rojas y negras, y constituyen el principal alimento para la población humana en el mismo. El cultivo de habichuelas involucra alrededor de unas 2.000 personas en esta zona.

Tabla 3. Composición química (mg/Kg) de semillas de Habichuelas rojas procedentes del mercado transfronterizo (Pedernales-Haiti).

Habichuela	N %	P	Ca	Mg	K	Na	Al	Fe	Mn	Zn	Cu	Cr	Ni	Pb	Cd	As
H.roja 1.1	3,4	6982	1606	2262	19494	27	22	86	n.d	30	8	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
H.roja 1.2	3,8	6548	1552	2234	19220	31	34	121	n.d	33	9	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
H.roja 1.3	3,6	7098	1571	2363	19928	44	30	110	n.d	34	10	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
H.roja 2. 1	3,4	5252	1750	1774	15179	38	64	84	6,0	45	9,5	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
H.roja 2.2	3,8	6387	1756	2014	16381	22	60	95	8,9	47	10,3	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
H.roja 2.3	3,6	5159	1836	1658	15616	53	112	110	8,5	47	8,7	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
WHO reference (foods									<32,5	<45	<2,9	<30	<9.8	<1,3	<0.23	<1

n.d: no detectable

Tabla 4. Composición química (mg/Kg) de semillas de Habichuelas negras procedentes del mercado transfronterizo (Pedernales-Haiti).

Habichuela	N %	P	Ca	Mg	K	Na	Al	Fe	Mn	Zn	Cu	Cr	Ni	Pb	Cd	As
H.negra 1.1	3,7	5538	1925	1866	15265	13	10	77	n.d	15	7	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d

H.negra 1.2	3,5	6971	1963	2074	17424	22	15	87	n.d	26	10	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
H.negra 1.3	3,6	6636	1802	2004	16884	34	12	78	n.d	22	8	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
H.negra 2.1	3,6	6287	2516	2031	15244	22	74	93	8	45	9	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
H.negra 2.2	3,5	5512	2128	1837	14797	37	59	221	13	38	9	24	17	n.d	n.d	32
H.negra 2.3	3,7	6635	2689	1907	17229	32	51	92	8	41	10	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
WHO reference (foods)									<32,5	<45	<2,9	<30	<9,8	<1,3	<0,23	<1

n.d: no detectable

La segunda fabácea estudiada, es una planta melífera que puede llegar a tener un porte arbustivo, guandules en lenguaje local (*Cajanus cajan* (L) Mill). Puede alcanzar de 1 a 3 m o más; su hoja posee 3 foliolos elípticos o lanceolados de 4-9 cm, agudos, y su legumbre es de unos 5 a 8 cm. Muy cultivada, y probablemente nativa de África tropical. El grano es comestible, siendo un aporte importante en la alimentación en muchos países. También se usa para dar sombra al café y para realizar cercas.

La decocción de sus hojas es antipruriginosa y las yemas son buenas como remedios pectorales. También se usan en casos de ictericia.

Tabla 5. Composición química (mg/Kg) de semillas de “guandules” procedentes del mercado transfronterizo.

Guandules	N %	P	Ca	Mg	K	Na	Al	Fe	Mn	Zn	Cu	Cr	Ni	Pb
Pedernales 1.1	0,4	134	4147	435	227	523	550	1515	47,1	207	10,1	9,4	2,6	82
Pedernales 1.2	3,0	3198	746	969	15540	13,5	16	52	1,2	29,7	7,1	0,0	0,0	0,0
Pedernales 1.3	2,5	155	4239	547	515	505	594	1504	66,9	249	12,1	11	4,2	64
Pedernales 2.1	3,2	4260	930	1005	14883	1,0	22	5	0,4	34	11,2	0,4	1,3	n.d
Pedernales 2.2	0,4	2921	1298	965	13409	1,0	28	23	0,4	26	9,5	0,9	0,7	n.d
Pedernales 2.3	3,1	4550	749	1049	16525	18,8	13	47	2,2	32	9,5	0,0	0,0	n.d
WHO reference (foods)									<32	<45	<2,9	<30	<9,8	<1,3

n.d: no detectable

Los guandules se cultivan en toda la provincia de Pedernales, especialmente en la zona de Oviedo, donde genera el 89 % del valor de la producción, si bien el 80 % de la misma es dedicada la venta, y un 0.2 % se deja como semilla para la siembra siguiente.

En la Tabla 5 se muestra la composición de los granos que son las partes del vegetal más utilizadas en el consumo humano.

Las gramíneas cultivadas han sido el maíz (*Zea mays*) y el sorgo (*Sorghum saccharatun* (L) Moench (*Sorghum bicolor*), *Poacea*. Esta última, es también una planta anual (que alcanza hasta 3 m de altura), probablemente es nativa de África pero se encuentra cultivada en muchas regiones. Unas variedades son usadas por sus granos que sirven de alimento a las poblaciones que viven en regiones semiáridas, y otras variedades con el tallo jugoso, con azúcar, del que puede extraerse un sirope. Es una buena planta forrajera, aunque en Haití se usan también las flores contra el aborto.

En la Tabla 6 se expone la composición química de las semillas de sorgo y en la Tabla 7, las de maíz.

Tabla 6. Composición mineral (mg/Kg) de semillas de sorgo de procedencia dominicana y haitiana.

Sorgo	N%	P	Ca	Mg	K	Na	Al	Fe	Mn	Zn	Cu	Cr	Ni	Pb	Cd
R. Dominicana															
Pedernales 1.1	3,6	7640	5753	3688	7847	177	89	212	6,0	88	16	8,2	3,0	n.d	n.d
Pedernales 1.2	2,7	7705	2761	3430	7331	169	79	186	46	86	11	6,9	2,2	n.d	n.d

Pedernales 1.3	3,4	7655	3386	3437	8323	173	95	194	46	94	13	5,5	2,0	n.d	n.d
Oviedo 1.1	1,8	3975	350	1082	4029	28,6	19	48	49	25	1,5	n.d	n.d	n.d	n.d
Oviedo 1.2	1,7	4403	909	939	8605	69,7	26	106	2,4	23	9	n.d	n.d	n.d	n.d
Oviedo 1.3	1,5	3425	68	1388	3314	23,0	5	31	5,1	20	1,7	n.d	n.d	n.d	n.d
Haiti															
Anse-à-Pitre 1.1	1,4	3498	39	1390	3154	27,5	6	33	1,5	21	1,7	n.d	n.d	n.d	n.d
Anse-à-Pitre 1.2	1,7	3360	29	1349	3174	19,1	8	24	4,0	22	1,7	n.d	n.d	n.d	n.d
Anse-à-Pitre 1.3	1,4	3286	60	1237	3222	27,5	14	30	3,7	27	2,1	n.d	n.d	n.d	n.d
WHO reference (foods)									<32,5	<45	<2,9	<30	<9.8	<1,3	<0.23
n.d: no detectable															

Tabla 7. Composición mineral (mg/Kg) de semillas de maíz de procedencia dominicana.

Maíz	N %	P	Ca	Mg	K	Na	Al	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd	Cr	Ni	As
Pedernales 1.1	1,9	2830	213	998	3851	27	15	42	n.d	16	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Pedernales 1.2	1,7	2740	220	1045	3646	16	9	36	n.d	17	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Pedernales 1.3	1,9	3334	257	1135	3926	8	7	42	n.d	10	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Pedernales 2.1	1,9	3297	789	1049	4013	55	155	209	0,6	89	5,6	n.d	n.d	2,7	n.d	n.d
Pedernales 2.2	1,9	3332	459	993	3866	16	53	60	n.d	38	4,8	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Pedernales 2.3	1,8	3188	430	999	4163	27	50	48	n.d	34	2,9	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
WHO reference (foods)									<32,5	<45	<2,9	<1,3	<0,23	<30	<9,8	<1
n.d: no detectable																

El cultivo de café se produce en la provincia de Pedernales, en la parte media y baja de la Sierra de Bahoruco, dedicándose casi la totalidad de su producción a la comercialización (96.2%, frente a un 3,2 % al consumo familiar). El café se cosecha en cinco zonas: Aguas Negras, Mencía, La Altagracia, Los Arroyos y Las Mercedes (Mongote). Todas ellas ubicadas en el área que ocuparían los bosques latifoliados, especialmente el nublado. Este cultivo involucra a alrededor de unas 3.000 personas, entre productores, obreros e intermediarios. Algunos caficultores están comenzando a querer potenciar la caficultura orgánica (especialmente mediante el uso de abono orgánico para los suelos de este cultivo, muchas veces a base de la cáscara que recubre los granos del café).

En la tabla 8 se expone la composición de los granos de café y la de sus cáscaras.

Tabla 8. Composición química (mg/Kg) de las semillas y cáscaras de café procedente de la zona media de la Cuenca del río Pedernales.

Café	N %	P	Ca	Mg	K	Na	Al	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Cd	Cr	Ni	As
grano	2,27	1465	1539	1515	17380	115	14	46,5	15,4	15	22	n.d	n.d	1,6	7,3	n.d
grano	2,67	1431	1578	1506	17078	103	21	46,5	15,3	15	34	n.d	n.d	1,9	19	n.d
grano	2,59	1437	1475	1502	17234	128	11	42,4	14,9	14	6,2	n.d	n.d	1,6	0,7	n.d
cáscara	2,40	1081	4509	1196	16966	463	764	725	50,4	14	13	n.d	n.d	4,9	3,5	n.d
cáscara	2,37	1148	4816	1284	17756	287	820	775	53,8	15	25	n.d	n.d	5,8	3,9	n.d
cáscara	2,48	832	4328	1042	17037	1417	701	598	48,8	12	30	n.d	n.d	4,6	15	n.d
WHO reference (foods)									<32,5	<2,9	<45	<1,3	<0,23	<30	<9,8	<1
n.d: no detectable																

Gramíneas silvestres: Las gramíneas silvestres analizadas corresponden a las pastadas frecuentemente por el ganado vacuno de forma libre. Una de ellas, más propia de los pastos sabanoides de la zona media de la cuenca del Pedernales (Tabla 9) corresponde a un *Andropogon* sp., y la otra, a la parte baja de la cuenca, se encuentra sobre suelos afectados por la explotación de la caliza en Cabo Rojo (Tabla 10).

Tabla 9. Composición de una gramínea de formación sabanoide de la Sierra de Bahoruco.

Gramínea	N%	P	Ca	Mg	K	Na	Al	Fe	Mn	Zn	Cu	Cr	Ni	Cd	
P. aérea															
Bahoruco 1	2,1	1354	3696	2062	19232	265	326	207	48	57	18,0	3,3	0,5	1,3	
Bahoruco 2	2,0	1384	3787	2380	22832	307	490	351	67	62	14,9	2,7	0,6	1,2	
Bahoruco 3	2,2	1475	4220	2194	19416	322	382	300	63	49	14,3	0,0	n.d	0,9	
Raíz															
Bahoruco 1	0,8	588	1901	880	8248	241	766	459	33	61	10,9	0,0	n.d	0,8	
Bahoruco 2	1,0	328	2573	623	3602	216	1175	719	37	44	11,8	6,3	3,7	1,3	
Bahoruco 3	1,5	515	1919	792	8131	171	1079	576	34	63	9,5	0,5	n.d	1,1	
WHO reference (foods)										<32,5	<45	<2,9	<30	<9,8	<0,23

Tabla 10. Composición de una especie de gramínea de Cabo Rojo

Gramín	Cabo Rojo	N %	P	Ca	Mg	K	Na	Al	Fe	Mn	Zn	Cu	Cr	Ni	Cd
P.aérea															
Z. mina	1c.humedal	0,65	257	9704	1742	6351	6173	455	345	52	122	6,7	6,0	1,5	n.d
Z.mina	2c.humedal	0,69	542	9601	1516	6582	4140	497	313	47	114	7,0	2,2	n.d	n.d
Z.mina	3c.humedal	0,65	359	9566	1394	4530	3694	419	292	29	56	5,4	9,9	3,4	n.d
Raíz															
Z. mina	1chumedal	0,57	171	2802	635	2313	2113	199	164	49	293	7,1	3,6	n.d	n.d
Z. mina	2c. humedal	0,67	184	4571	768	2470	3202	285	207	65	369	7,9	n.d	n.d	n.d
WHO reference (foods)										<32	<45	<2,9	<30	<9,8	<0,23

Así mismo, en la Tablas 11 y 12, pueden observarse los niveles de la composición mineral de las semillas de dos especies consumidas por aves en la zona de Los Arroyos (parte alta de la cuenca). En el caso de la crucífera (Tabla 11) se muestra también la composición de las vainas de los frutos, ya que hay especies animales que comen todo el fruto y no solo las semillas. Y en la Tabla 12, se muestra la composición de las vainas de otra leguminosa silvestre que crece también en el bosque seco.

Tabla 11. Composición mineral (mg/Kg) de semillas y vainas de una crucífera frecuente en la zona de bosque nublado de Los Arroyos (Pedernales)

Crucif	Loc.	N%	P	Ca	Mg	K	Na	Al	Fe	Mn	Zn	Cu	Cr	Ni
Semillas	L.Arroyos 1	n.m	7767	6277	2072	7821	178	1582	850	51	57	7,3	1,3	n.d
Semillas	L.Arroyos 2	3,8	8255	9949	2131	8286	150	1772	682	68	41	4,6	n.d	11
Vainas	L.Arroyos 1	1,1	2588	14034	775	3589	133	213	140	18	22	11	n.d	n.d
Vainas	L.Arroyos 2	1,3	2280	15469	832	4050	146	335	193	21	38	10	n.d	n.d
WHO reference (foods)										<32	<45	<2,9	<30	<9,8

n.m: no medido; n.d: no detectable

Tabla 12. Composición mineral (mg/Kg) de semillas de una leguminosa herbácea silvestre de la zona de bosque nublado en Los Arroyos (Pedernales)

Legum.	Localidad	N %	P	Ca	Mg	K	Na	Al	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Cr	Ni
Semillas	L.Arroyos 1	3,6	4462	5803	1647	7291	11	16	58	1,7	32	1,9	n.d	n.d	13
Semillas	L.Arroyos 2	3,7	4545	5344	1712	7527	29	26	52	2,0	42	12	n.d	n.d	n.d
Vainas	L.Arroyos 1	1,1	1040	6474	717	8541	14	5	14	7,9	9,4	2,8	n.d	n.d	n.d
Vainas	L.Arroyos 2	1,0	1029	6006	661	8560	15	2	13	8,8	7,7	2,7	n.d	n.d	n.d

WHO reference (foods)	<32,5	<45	<2,9	<0,23	<30	<9,8
n.d: no detectable						

Tabla 13. Composición de vainas de una especie de leguminosa herbácea silvestre (dos poblaciones) recogidas en la zona de Los Olivares (Pedernales).

Leguminosas	Localidad	N%	P	Ca	Mg	K	Na	Al	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd	Cr	Ni	
Vainas	Pedernales 1	3,5	1553	19032	3531	12394	147,9	63	103	49,1	26,2	9,9	n.d	n.d	n.d	n.d	
Vainas	Pedernales 2	3,5	1385	16415	3240	11658	157,6	74	76	35,0	28,5	10,3	n.d	n.d	n.d	n.d	
WHO reference (foods)											<32,5	<45	<2,9	<1,3	<0,23	<30	<9,8
n.d: no detectable																	

En las Tablas 14 y 15, se expone la composición química de dos especies arbustivas correspondientes a la familia botánica de la fabáceas, utilizadas en el ramoneo realizado por las cabras en el bosque seco, como es el caso de la mimosácea *Acacia macracantha*, que florece después de de las épocas de lluvias en este clima tropical.

Tabla 14. Composición de semillas y vainas de una especie leñosa que es consumida por cabras.

Mimosa	Localidad	N%	P	Ca	Mg	K	Na	Al	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Cr	Ni	
Semillas	Pedernales 1	3,5	5426	4208	2719	14179	153	23	42	6,9	38	6,3	n.d	n.d	n.d	
Semillas	Pedernales 2	3,4	5152	4005	2528	12537	88	16	58	5,8	42	4,9	n.d	n.d	n.d	
Vainas	Pedernales 1	1,5	2221	11518	1907	3047	166	52	49	25,6	25	8,1	n.d	n.d	n.d	
Vainas	Pedernales 2	1,6	2966	24333	2507	4110	212	50	62	38	31	9,6	n.d	n.d	n.d	
WHO reference (foods)											<32,5	<45	<2,9	<0,23	<30	<9,8

En todas las tablas podrán observarse los niveles de metales pesados que se encuentran en las diferentes especies. Destacan especialmente los contenidos de Cu, que tienen los diferentes materiales analizados.

Tabla 15. Composición de *Acacia macracantha* correspondiente a dos poblaciones del P. N. Jaragua.

Mimosa	Localidad	N%	P	Ca	Mg	K	Na	Al	Fe	Mn	Zn	Cu	Cr	Ni	
Semillas	PN.Jaragua 1	n.m	3488	2858	1782	7848	107	59	123	26	101	6,8	8,2	3,0	
Semillas	PN.Jaragua 2	4,6	3192	2681	1683	7705	47	21	76	25	42	6,9	n.d	n.d	
Vainas	PN.Jaragua 1	1,1	444	9920	2013	3326	218	25	40	2,4	24	5,4	n.d	n.d	
Vainas	PN.Jaragua 2	2,0	1517	8916	2363	4862	83,5	15	42	8,5	20	6,1	n.d	n.d	
Vainas	P.N.Jaragua	1,2	1037	6178	662	7537	15	3	13	8,3	13	2,8	n.d	n.d	
WHO reference (foods)											<32,5	<45	<2,9	<30	<9,8

n.m: no medido; n.d: no detectable

Y por último, aunque no corresponda a la composición mineral de las semillas, se muestra en la Tabla 16, por el interés que puede tener en cuanto a la incorporación de metales pesados al suelo, la composición química de acículas secas del pino criollo, ya que forman parte de la abundante necromasa que cubre el suelo de toda la zona del Aceitillar-Pelepito. Como se observará el Cu y el Mn tienen niveles por encima de los considerados por la Organización Mundial de la Salud (WHO).

Tabla 16. Composición mineral (mg/Kg) de acículas de pino criollo (*Pinus occidentalis*) del P. N. Bahoruco.

Pino criollo	N%	P	Ca	Mg	K	Na	Al	Fe	Mn	Zn	Cu	Cr	Ni	Pb	Cd
Acículas (Hojas)															
Pelempto 1	0,5	98	6248	475	246	107	230	170	20	25	2,4	n.d	n.d	n.d	n.d
Pelempto 2	0,6	197	6509	649	293	144	408	241	91	25	7,0	n.d	n.d	n.d	n.d
WHO reference (foods)									<32,5	<45	<2,9	<30	<9,8	<1,3	<0,23

Conclusiones

Se expone la composición química de semillas correspondientes a los cultivos más emblemáticos del territorio de Pedernales, así como de otras especies silvestres que son consumidas por animales en esta zona. Es la primera vez que se aporta este tipo de datos para unos recursos que son importantes tenerlos en cuenta para el desarrollo sostenible, ya que forman parte de las redes tróficas. Los metales pesados, especialmente el Cu suelen presentar valores por encima de los admitidos por la WHO.

Bibliografía

- Abreu, P. 1998. *Análisis del Sector ovino caprino en República Dominicana*
- Alexis, S.; Hernández, A. J.; Pastor, J. 2007. Evaluación de la fertilidad y contaminación de los suelos de la cuenca del Pedernales (República Dominicana-Haití). *Memoria del XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, León-Guanajuato, México*: 1191-1194.
- Bohnert, E. 1991. Clases de vegetación y su aprovechamiento. Mapa de la Vegetación y el Uso de la Tierra. DIRENA y GAF.
- Hernández, A. J. Alexis, S.; Pastor, J. 2006. Diagnóstico de Fincas Agrícolas de la Región Transfronteriza de Pedernales (República Dominicana-Haití) como partida para un diseño agroecológico. *III Congreso Iberoamericano de Agroecología y VII Congreso SEAE Agricultura y Alimentación Ecológica*: 30 pp. y CD con la publicación completa en pdf (9 pp) .18-23 septiembre. Zaragoza, España.
- Hernández, A. J.; Pastor, J.; Alexis, S.; Vizcayno, C. 2007. Geoquímica y salud: una aproximación al estudio en ecosistemas tropicales. *VI Congreso Ibérico de Geoquímica, Portugal*: 406-409.
- Hernández, A J; Alexis, S.; Gutiérrez, M^a J.; Pastor, J. 2007. Acción conjunta de metales pesados del suelo en cultivos (maíz y sorgo) para alimentación humana y uso forrajero. *IX Congreso Nacional de Sanidad Ambiental*. Sevilla.
- SEA (Secretaria de Estado de Agricultura), 2007. Estadísticas de producción en la Republica dominicana. <http://www.agricultura.gov.do/index.php>.

3. ESTUDIO DE LA NUTRICIÓN MINERAL DE *PHASEOLUS VULGARIS* L. EN SUELOS DE CULTIVO QUE CONTIENEN METALES PESADOS

Resumen

Se presentan los resultados obtenidos mediante un bioensayo en condiciones controladas de una leguminosa (*Phaseolus vulgaris* L.) cuando crece en cuatro suelos con presencia de más de un metal pesado de origen litogénico. Este es el caso de muchos suelos agrícolas de la provincia de Pedernales (República Dominicana) utilizados para la producción de la "habichuela" que constituye el principal alimento proteico de la población.

Los mayores pesos por ejemplar, así como los de los frutos, se alcanzaron en la localidad que presenta un suelo de pH casi neutro con contenidos totales más elevados de Cu y Zn, mientras que los pesos más bajos se obtienen en un suelo básico y con alto nivel de Cd. Aunque las hojas y frutos no presentan ni Cd ni Pb y los contenidos de Cr y Ni son bajos, el análisis de la varianza muestra que existen diferencias significativas para los contenidos de Ca, Mg, K, P, Mn, Zn y Cu de las hojas y Mg, K, Fe, Mn, Zn y Al de los frutos, según crecieran en los diferentes suelos. Los contenidos de Zn y Cu de los frutos son bastante elevados en una de las localidades.

Los valores de nitrogenasa fueron del mismo orden en los suelos con metales pesados utilizados y son claramente más elevados que en el suelo control. Este resultado parece mostrar que la fijación del N no está afectada por los niveles de los metales pesados de estos suelos.

Palabras clave: Zn, Cu, Cd, macronutrientes, nitrogenasa.

Introducción y objetivo

La tala y quema en los bosques tropicales húmedos para usos agrícolas vienen siendo las prácticas más habituales de la población humana ubicada en la provincia de Pedernales República Dominicana, toda ella comprendida en la única Reserva de la Biosfera existente en dicho país, (Hernández et al., 2005, 2006). Estas actividades, unidas a la explotación de la bauxita y de la caliza, conllevan alteraciones en los suelos de los ecosistemas que están siendo utilizados también para la siembra de habichuela (*Phaseolus vulgaris* L). Esta leguminosa que es originaria de América central (actualmente Latinoamérica aporta una producción del 30% a nivel mundial) tiene bajos rendimientos en el territorio aludido. Por ello este trabajo se ha centrado en conocer los contenidos en nutrientes de esta especie, que constituyen el principal alimento proteínico para la población humana, creciendo en suelos representativos de las características aludidas y que presentan diferentes niveles de metales pesados (Zn, Cu, Cr, Pb, Cd) debido a la litología de los diferentes sustratos.

Material y métodos

Se recogieron muestras de la capa superficial edáfica (0-20 cm), que posteriormente se analizaron, en diferentes suelos correspondientes a los distintos agroecosistemas existentes en la provincia (7 con habichuela, 7 de otros cultivos herbáceos y 6 muestras recogidas en localidades con vegetación natural pero con probabilidad de usos agrícolas), para posteriormente realizar un bioensayo en microcosmos en condiciones controladas durante 8 semanas, momento en que las plantas de *Ph. vulgaris* alcanzan el estado de fructificación. Cada microcosmo tiene 19 cm. de largo, 14 de ancho y 10 de altura. Se eligieron 4 tipos de suelo correspondientes a agrosistemas representativos y que presentan, al menos tres metales pesados en su capa superficial. En cada microcosmo se puso 1 Kg. de suelo. Tres replicaciones por agroecosistema y control. Para el suelo de éste último, se utilizó uno correspondiente a una finca de cultivo (La Higuera, CSIC), con un pH de 7,6 y MO de 1,4, que no presenta metales pesados aunque sí Al. El ensayo se realizó en invernadero en condiciones controladas, esencialmente T^a y Humedad semejantes a las condiciones tropicales. Se han sembrado 4 semillas autóctonas en cada microcosmo.

Se han determinado pH, MO, nutrientes y contenidos totales de metales. Éstos últimos, mediante espectroscopia de emisión de plasma, tras moler los suelos en mortero de ágata y someterlos a un ataque ácido con HNO₃ y HClO₄ en proporción 4:1. Los sistemas radiculares se separaron del suelo procurando que los nódulos no se desprendieran y se introdujeron en tubos de vidrio (100 ml) cerrados herméticamente; se añadió acetileno para conseguir una concentración del 10% en aire. La actividad fijadora de nitrógeno se midió mediante el ensayo convencional de reducción de acetileno (ARA, Acetylene reduction Assay) según Fernández-Pascual et al. (1988). La reacción de reducción tuvo lugar a 25° C. Las muestras de gas se tomaron cada 15 minutos de exposición al acetileno para eliminar los problemas de la planta sometidas a largas exposiciones de gas (Sinclair y Serraj, 1995). Transcurrido ese tiempo se extrajo

una muestra de 0,5 ml que se valoró en un cromatógrafo de gases Perkin-Elmer 8310, equipado con una columna de acero (2 m x 3 mm de diámetro) rellena con Porapak-R y empleando N como gas portador a una velocidad de flujo de 50 ml/min., obteniendo la cantidad de C₂H₄ (nmol) presentes en la muestra.

El estudio estadístico de los resultados se efectuó mediante un análisis de ANOVA

Resultados y discusión

En la Tabla 1 puede verse el pH y el contenido en metales pesados, agrupados según cultivos o tipo de vegetación y se observa la existencia de diferencias significativas entre agroecosistemas para todos los metales, que los valores siempre fueron mucho más elevados en los suelos con cultivos de habichuela que en los de los otros cultivos y también que los suelos donde se cultivaba la habichuela tenían los contenidos máximos de Cu, Zn y Cd de todos los grupos.

Tabla 1. pH y contenidos totales de metales (ppm) en los diferentes agroecosistemas

	pH	Al	Cu	Zn	Cd	Ni	Cr	Pb
V. Nat. Latif.	6,9±1,2	56377±64598	124±41	235±83	20±14	173±25	192±164	34±10
V. Nat. Seco	7,8±0,1	58105±5523	47±21	78±73	2,7±3,7	66±34	49±6	11±2,1
C. Herbáceos	7,3±1,1	27633±23334	29±19	86±116	0,4±0,8	24±17	26±36	4±5
C.Habichuela	7,6±0,7	100610±66493	153±104	247±173	21±19	131±96	106±97	22±15
F	0,616	5,312*	4,996*	3,457*	15,244***	7,187*	5,283*	6,332*
CE*			140	300	3			300

* Máximo aceptable en suelos agrícolas (CE, 1986)

La composición de los suelos utilizados en el ensayo experimental, pH en agua, materia orgánica, nutrientes, así como los niveles totales de metales se muestran en la Tabla 2. Los valores de dos de los suelos presentan contenidos bajos de Mg, K y P. Los contenidos de Cu, Cd y Ni superaron los valores guía en los cuatro suelos, el Cr en tres y el Zn en uno. Además, se ha señalado que a partir de 50 ppm de Al cambiante en un suelo, se puede hablar de toxicidad para las plantas (Hernández, 1986), Este sería el caso de los suelos de Mongote y Bahoruco.

Tabla 2. pH, MO, N, nutrientes asimilables y metales totales (ppm) de los suelos del bioensayo.

Suelos	pH	MO	N %	Ca	Mg	K	Na	Al	P total
Mongote	7.5	9.30	0.578	515	50.2	13.5	3	685	8453
Los Olivares I	8.3	3.84	0.200	500	17.6	51.0	2	44	2278
Los Olivares 2	8,3	2,93	0.550	400	1,0	3.5	4.5	0.6	171
Bahoruco	8,2	0.62	0.022	360	0.2	1.0	1	168	262
		Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Cr	Ni	Pb
Mongote.		97980	3361	504	259	28,8	103,0	234,5	36,5
Los Olivares 1		40640	1450	139	72	8,4	68,7	89,8	13,5
Los Olivares 2		72500	2938	148	259	57,5	171,5	182,5	31,5
Bahoruco		84740	2737	121	165	42,6	147,1	166,0	30,0
Niv.referencia*			200	50	1	100	50	50	

*Valores guía en Holanda. Nivel indicativo por encima del cual hay contaminación demostrable.

En la Tabla 3 se exponen los pesos secos de diferentes partes de la planta. Los pesos de hojas, tallos, frutos y peso total mostraron diferencias significativas en los distintos suelos.

Tabla 3. Peso seco (valores medios, mg.) de habichuelas al final del experimento (8 semanas).

Suelos	Hojas	Tallos	Frutos	P aérea total	Raíces
Control	334,9± 99,3	171,9± 74,4	84,0± 27,0	590,3±129,8	87,6±18,5
Mongote	371,8± 104,8	231,0± 46,5	140,8± 45,4	743,3±107,8	124,8±30,0
Los Olivares I	290,8± 102,9	134,8± 27,8	103,0± 46,9	528,3±113,9	102,2±24,3
Los Olivares II	252,7± 39,5	132,5± 46,4	63,8± 54,7	452,2±105,9	98,7±29,2
Bahoruco	184,0± 49,1	97,2± 25,5	50,3± 39,1	330,8±95,5	89,5±30,3
F	4,518**	6,533***	4,066**	11,435***	1,939

La composición mineral de las hojas (Tabla 4) mostró diferencias significativas para los macronutrientes, excepto el Na y para el Mn, Cu y Zn. Los contenidos de Al fueron elevados. La toxicidad debida a este elemento está vinculada a las interferencias en el metabolismo de nutrientes básicos para las plantas, especialmente para el Ca y el Mg en las leguminosas.

Tabla 4. Contenido en macronutrientes y metales de las hojas de habichuela.

Suelos	Ca (%)	K(%)	Mg(%)	Na (ppm)	P (ppm)
Control	5,31± 0,53	2,41± 0,31	5,98± 0,08	141,5±54,0	646,3±171,9
Mongote	3,74± 0,25	3,07± 0,24	0,49± 0,04	147,0±42,2	705,0±246,2
Olivares I	4,51± 0,52	2,83± 0,91	0,42± 0,08	199,1±46,8	1068,4±682,9
Olivares II	4,68± 0,30	3,40± 0,42	0,51± 0,09	210,0±100,4	1336,9±408,4
Bahoruco	5,60± 0,66	2,58± 0,60	0,26± 0,07	224,6±103,5	1999,1±537,7
F	15,347***	3,364*	24,832***	1,636	11,664***

	Fe	Mn	Cu	Zn	Cr	Ni	Al
Control	604±278	385±69	5,7±2,5	32,3±4,6	0,0±0,0	2,5±3,8	915±507
Mongote	1474±1628	312±83	20,5±9,4	35,3±6,0	4,9±9,2	2,5±5,5	2152±2404
Olivares I	981±1031	358±125	29,9±13,2	30,4±9,1	2,7±5,3	1,9±2,7	1392±1583
Olivares II	896±673	400±72	30,5±7,4	43,7±8,4	4,1±6,9	2,5±3,0	1310±1079
Bahoruco	1145±988	557±126	11,2±3,8	33,5±4,9	3,7±4,9	3,1±4,5	1890±1824
F	0,632	7,352***	13,462***	4,052**	1,562	0,221	0,602

En los frutos (Tabla 5), la diferencia en los contenidos de macronutrientes según los diferentes suelos fueron poco o nada significativas, pero no así los contenidos de metales que fueron significativos, aunque los valores de algunos de ellos estaban por debajo del límite de detección.

El Cu es según la bibliografía, el metal que más ha sido estudiado recientemente en relación a la toxicidad que provoca en la especie (Bunzl et al., 2001; Cuypers et al., 2005).

Tabla 5.-Contenido en macronutrientes y metales de los frutos de habichuela.

Suelos	Ca (%)	Mg (%)	K (%)	P (%)	Na (ppm)
Control	1,11± 0,14	0,33± 0,03	3,23± 0,29	0,37± 0,08	59,6±41,1
Mongote	1,09± 0,11	0,32± 0,04	2,92± 0,27	0,31± 0,03	28,3±5,9
Olivares I	1,28± 0,10	0,32± 0,03	3,19± 0,46	0,35± 0,08	42,9±12,1
Olivares II	1,09± 0,16	0,30± 0,03	2,72± 0,30	0,30± 0,05	56,4±13,0
Bahoruco	1,64± 0,51	0,24± 0,03	2,54± 0,34	0,38± 0,16	72,8±22,1
F	2,197	5,166*	2,515 ^F	0,297	1,792

	Fe	Mn	Zn	Cu	Al
--	----	----	----	----	----

Control	80,3±11,2	24,1±4,3	18,5±4,1	8,5±2,2	35,4±9,0
Mongote	82,9±9,5	26,6±5,8	27,8±3,7	7,6±1,0	10,1±6,8
Olivares I	68,5±15,9	18,3±1,7	27,8±4,9	12,4±5,8	13,7±13,5
Olivares II	59,9±8,1	21,4±0,8	26,0±5,3	10,3±0,8	8,0±2,4
Bahoruco	93,0±12,5	52,3±13,4	92,2±62,6	72,6±90,0	30,117,8
F	3,219*	14,969***	6,827**	4,470*	2,869 ^F

La Tabla 5 muestra que alcanza niveles altos en los frutos, que se cultivan en suelos de la sierra de Bahoruco. Los altos contenidos de Zn y Cu y la disminución del peso seco de las plantas también han sido observados por Miyazawa et al. (2002). En el trabajo de Adriano (2001), se dice que de 2 a 250 ppm el Cu puede ser tóxico para las plantas cultivadas y, dado que unido al Zn suelen ser aportados por las legumbres a la dieta alimenticia, los niveles alcanzados en los frutos, pueden ocasionar efectos tóxicos.

El Zn es un micronutriente esencial considerado como no peligroso, aunque su toxicidad puede aumentar debido a la presencia conjunta de otros metales. Esta cuestión deberá ser tenida en cuenta para valorar los efectos tóxicos del Zn en la especie cultivada en estos suelos, ya que suele irse perdiendo a lo largo de la cadena trófica en vez de acumularse, a diferencia de los metales pesados, por lo que parece necesario seguir avanzando en los problemas producidos por la acción conjunta de varios metales presentes en el suelo.

Tabla 6. Formación de nódulos y actividad nitrogenasa de la habichuela en los diferentes suelos.

	Peso Fresco (mg)		Etileno	
	Nódulos / planta	Nº de Nódulos	µmol / pl / h	µmol / g nódulo / h
Control	60,0± 57,9 a	15,5± 21,1 a	0,3± 0,1 a	7,0± 2,7 a
Mongote	123,5± 70,3 a	58,0± 48,9 b	4,8± 2,4 b	43,7± 20,3 b
Olivares I	128,0± 73,6 a	56,0± 11,4 b	6,6± 6,5 b	49,7± 30,0 b
Olivares II	124,6± 40,0 a	36,1± 19,1 ab	4,0± 3,0 b	35,6± 25,4 b
Bahoruco	64,6± 87,0 a	13,7± 9,6 a	1,6± 2,3 a	46,9± 55,6 b
F ⁺	1,630	3,671*	7,158***	4,323 *

⁺Opción DMS como prueba post-hoc del significado de las diferencias entre medias para los diferentes suelos.

En la Tabla 6, puede verse que los valores de nitrogenasa fueron del mismo orden en los suelos con metales pesados y son claramente más elevados que en el control. Este resultado muestra que la fijación del N parece no está afectada por los niveles de metales pesados de estos suelos.

Conclusiones

Los resultados muestran la existencia de contenidos elevados de Al en las hojas, muchas veces acompañados de Cr y Ni; incluso los valores de Cu y Zn son mayores comparados con otros resultados bibliográficos. Estos últimos metales, son muy elevados en los frutos procedentes de suelos afectados por explotación de bauxita, mientras que los del Cd están por debajo del límite de detección. Por otra parte, es la primera vez que se estudia el efecto conjunto de varios contaminantes procedentes de la realidad de los suelos donde se cultiva esta especie en República Dominicana y, probablemente en otros lugares. Además, la mayoría de los trabajos consultados para esta especie, muestran datos y / o niveles alcanzados por los metales pesados, cuando crece en presencia de solo uno de ellos y, por lo general en cultivo hidropónico o en maceta con suelos no procedentes de las zonas que los presentan. Este trabajo por tanto, es una primera aproximación al estudio ecotoxicológico de este cultivo en condiciones análogas a las tenidas en campo: Además es el primer estudio de estas características

llevado a cabo en el territorio de la única Reserva de la Biosfera que existe en el país caribeño.

Agradecimientos: A los Proyectos 1.2-046/2005/3-b del M^oMA y al Programa "EIADES" de la Comunidad de Madrid.

Referencias bibliográficas

- Adriano D.C. 2001 *Trace elements in the terrestrial environment*. Ed. Springer Verlag.
- Bunzl K, Trautmannsheimer M, Schramel P, Reifenhäuser W 2001 Availability of Arsenic, Copper, Lead, Thallium, and Zinc to various Vegetables Grown in Slang-Contaminated Soils. *Journal of Environmental Quality* 30: 934-939
- Cuypers A, Koistinen KM, Kokko H, Kärenlampi S, Auriola S, Vangronsveld J 2005 Analysis of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) proteins affected by copper stress. *Journal of Plant Physiology* 162: 383-392.
- Fernández-Pascual MM, Pozuelo JM, Serra MT, de Felipe MR 1988 Effects of cyanazine and linuron on chloroplast development, nodule activity and protein metabolism in *Lupinus albus* L. *Journal of Plant Physiology* 133: 288-294.
- Hernández A. J. 1986 Acción del aluminio del suelo sobre los vegetales, microflora y microfauna edáficas. *Anales de Edafología y Agrobiología* 9-10: 1369-1388.
- Hernández A.J., Alexis S, Pastor J. 2005. Contribución al estudio de la degradación de los suelos de los bosques tropicales de la provincia de Pedernales (República Dominicana). En: Jimenez Ballesta R.; Álvarez, AM (eds). *Control de la degradación de suelos*: 173-178. Ed. CAM, Madrid.
- Hernández A. J, Vizcayno C, Alexis S, Pastor J 2006 Procesos antropodérficos frecuentes en la Reserva de la Biosfera Jaragua-Bahoruco-Enriquillo (Rep.Dominicana). En: J.F Gallardo (ed.) *Medioambiente en Iberoamérica*, 223-229. Diputación de Badajoz, Badajoz.
- Miyazawa M.; Jiménez, S.; Yabe, M^a J.,; Oliveira E, Kamogawa ,M 2002 Absorption and toxicity of copper and zinc in bean plants cultivated in soil treated with chicken manure. *Water, Air, and Soil Pollution* 138, 211-222.
- Sinclair, T.R. y Serraj, R. (1995). Legume nitrogen fixation and drought. *Nature* 378: 344.

4. EFECTO DE METALES PESADOS EN DOS LEGUMINOSAS (HABICHUELAS *Phaseolus vulgaris* Y GUANDULES *Cajanus cajan*) MUY UTILIZADAS EN LA ALIMENTACIÓN EN REPÚBLICA DOMINICANA

Resumen

Se estudia el comportamiento de dos especies de leguminosas básicas para la alimentación humana en la República Dominicana (*Phaseolus vulgaris* y *Cajanus cajan*), en relación a los metales pesados que se encuentran mayoritariamente en el territorio de la provincia de Pedernales en dicho país. El planteamiento ha consistido en estudiar por un lado el comportamiento por separado de estas especies a niveles crecientes de Cu y Cd en la solución nutritiva desde la germinación de las semillas hasta los ocho días de su crecimiento, y por otro, estudiar el comportamiento de dichas especies cuando crecen en suelos con presencia de más de un metal pesado en los mismos. Para el primer caso se han dispuesto bioensayos en placas Petri y para el segundo, de microcosmos con suelos recolectados en los escenarios donde habitualmente se siembran estos cultivos en el territorio de Pedernales y transportados a España.

Los resultados de la elongación de la raíz, para el primer tipo de bioensayos muestran que, a partir de 100 ppm de Cu las dos especies merman su crecimiento radicular. Y, como cabría esperar los resultados son aún más notables al crecer con Cd.

El análisis químico de las hojas de estos cultivos procedentes de los microcosmos después de finalizado el ensayo de tres meses, también muestran tendencias en cuanto al paso de los metales pesados a las partes aéreas de dichos cultivos.

Por último, se ha querido evaluar si las dos variedades de habichuelas (negra y roja) presentaban un diferente comportamiento en relación al aluminio, ya que este elemento se encuentra en grandes cantidades en muchos de los suelos del territorio de estudio, aunque presentan un pH básico. Aunque se trata de un bioensayo preliminar, realizado en cultivo hidropónico y en condiciones controladas, para los tratamientos de 10 y 20 µm de Al, se ha observado que la variedad de habichuela roja es bastante más sensible a la acción del Al que la de habichuela negra. Entre todos los resultados obtenidos respecto al comportamiento de dichas variedades de *Phaseolus vulgaris* a los metales pesados, se muestra siempre la tendencia de una peor respuesta de la variedad de habichuela roja a éstos. O lo que es lo mismo, las habichuelas rojas soportan peor que las negras, la contaminación de suelos debida a los metales pesados.

Palabras clave: Cu, Cd, Al, bioensayos

Introducción

Los cultivos vegetales de leguminosas más utilizados por la población dominicana corresponden a dos especies de la familia botánica *Fabaceas*. Una herbácea y anual, *Phaseolus vulgaris* L., habichuelas en lenguaje local y frijol en otros países latinoamericanos; es una especie altamente polimórfica y las semillas comestibles son negras y rojas. La segunda especie puede llegar a tener un porte arbustivo, guandules en lenguaje local- (*Cajanus cajan* (L) Mill). Este trabajo presente estudiar el comportamiento de estos dos cultivos cuando crecen en suelos con metales pesados, como es el caso de la provincia y cuenca de Pedernales en la isla La Española.

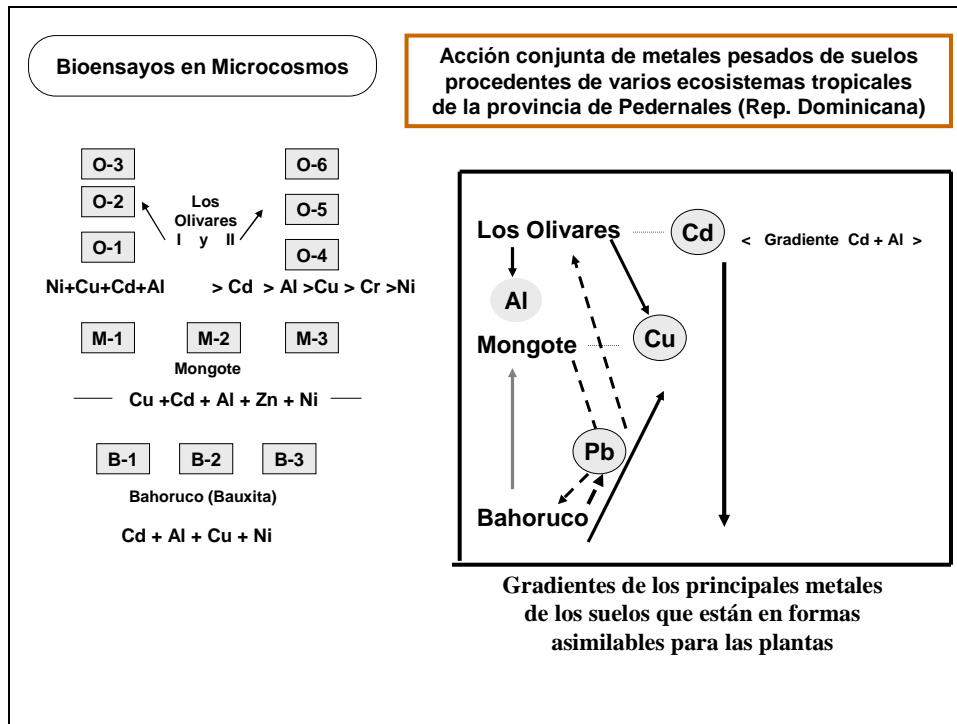
Material y métodos

Los cultivos vegetales utilizados en los bioensayos corresponden a dos especies de leguminosas (*Fabaceas*). Una herbácea y anual *Phaseolus vulgaris* L., habichuelas en lenguaje local y frijol en otros países latinoamericanos. Es una especie altamente polimórfica y las semillas utilizadas en los bioensayos, corresponden a las recogidas en el territorio de Pedernales (República Dominicana.), que son negras y rojas, y constituyen el principal alimento para la población humana en el mismo. La segunda especie, puede llegar a tener un porte arbustivo, guandules en lenguaje local (*Cajanus cajan* (L) Mill).

Bioensayos realizados en placas Petri, de 12 cm de diámetro, con distintos tratamientos de Cu para el estudio de la toxicidad en la germinación de las dos variedades de habichuelas (negras y rojas) de *Phaseolus vulgaris* L. y de maíz. Se suministran 15 ml del contaminante (en forma de sal soluble). El tiempo de exposición será de 48 h y para el estudio de la influencia de estos metales en la germinación y de 7 días para el crecimiento radicular. Se ponen 6 semillas por placa y 3 replicaciones por tratamiento y control y se tienen en cámara de crecimiento con condiciones controladas.

Bioensayos en cultivos hidropónicos. Para el estudio de la acción del Al en las dos variedades de habichuelas se ha realizado un bioensayo en condiciones controladas. Tras germinación en sándwich húmedo de espuma durante 6 días se transfirieron las plantulas a cultivo hidropónico (9 plantas por 5 litros de solución; pH inicial 4,3 baja fuerza iónica sin Al) durante 72 horas. Después se transfieren las plantulas a solución de tratamiento durante 24 h.(baja fuerza iónica, pH inicial 4,3) con 0, 10 o 20 μM Al en forma de AlCl_3 . Se mide longitud inicial y final de la raíz principal; se hace seguimiento de cambios de pH de la solución y tinción de raíces con hematoxilina para visualizar Al en raíz.

Figura 1. Diseño experimental de los microcosmos

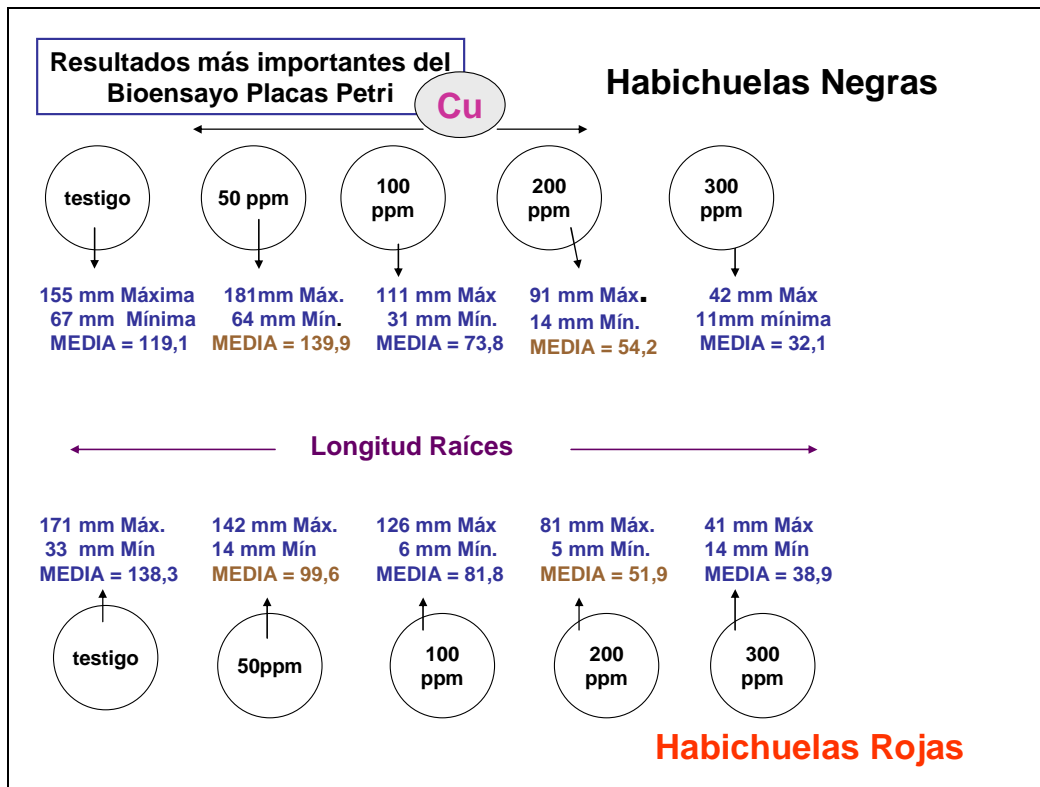


Bioensayos en microcosmos de 19 cm de largo x 14 de ancho y 10 de altura, con 4 tipos de suelo correspondientes a agroecosistemas tropicales y que presentan, al menos, tres contaminantes (metales pesados) en su capa superficial. En cada microcosmos (cubeta) se pone 1 Kg de la capa superficial de los suelos recogidos in situ y sin destruir. Tres repeticiones por agroecosistema y control. Para el suelo de éste último, se utiliza uno correspondiente a una finca de cultivo (La Higuera, CSIC, en la provincia de Toledo, España), con un pH de 7,6 y un % de M.O. de 1,4, que no presenta metales pesados aunque sí Al. El ensayo se llevó a cabo en condiciones controladas, esencialmente T^a y Humedad semejantes a las condiciones tropicales, durante 3 meses, después de que las plantas fueron sembradas previa germinación en cámara, para asegurarnos de la viabilidad de las mismas. Se riegan con agua desionizada (Figura 1).

Resultados

- Efecto de diferentes concentraciones de Cu y Cd sobre *Phaseolus vulgaris* L. (“habichuela”) y *Cajanus cajan* (guandules)

Figura 2: Efecto del Cu sobre el crecimiento radicular de las habichuelas negras y rojas.



Lo más destacado en relación al comportamiento de las habichuelas negras y rojas en relación al Cu, es que a partir de 100 ppm de Cu en la disolución, se nota un efecto drástico en el crecimiento radicular de las dos variedades de habichuela, si bien las negras parecen responder mejor que las rojas en niveles entre 50 y 100 ppm de este metal (Figuras 2 y 3).

De manera semejante ocurre para el caso de los guandules. Y si se comparan los resultados obtenidos entre el crecimiento en un medio con Cu y en otro con Cd, los resultados son mucho peores para el segundo metal (Figuras 3 y 4).

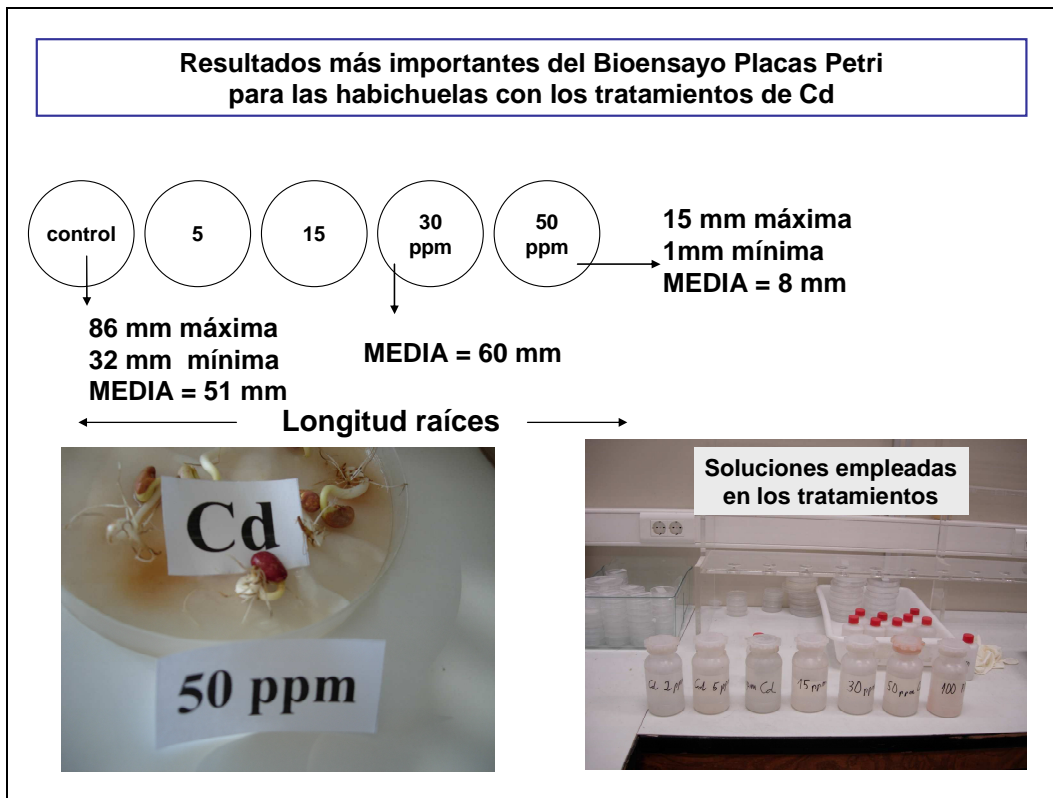
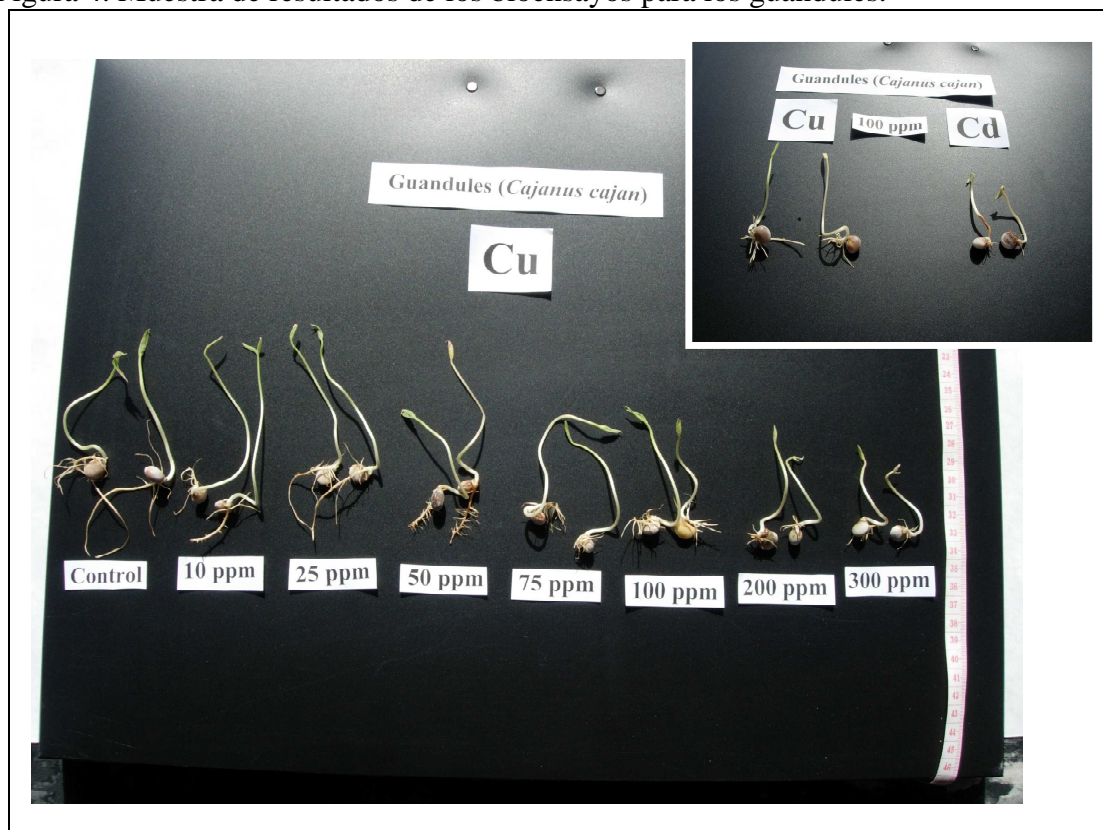


Figura 4. Muestra de resultados de los bioensayos para los guandules.



b) Comportamiento de las dos leguminosas creciendo en suelos con más de un metal pesado.

En las Tablas de 1 y 2, se exponen los contenidos de metales de las partes aéreas de las Habichuelas (variedades negra y roja) cuando sus semillas proceden y además crecen sobre suelos de la provincia de Pedernales.

En la Tabla 3 los datos corresponden a muestras de la parte aérea de Guandules.

Destacan especialmente los contenidos elevados de Mn y Cu, junto con algunos otros valores dañinos, observados en diferentes muestras, correspondientes a Pb, Ni, Zn y Cd.

Tabla 1. Composición de la parte aérea de plantas de Habichuela negra cuando crecen en suelos de Pedernales.

	P	Ca	Mg	K	Na	Al	Fe	Mn	Zn	Cu	Cr	Ni
H.n 1.1	753	33504	4630	30688	222	7031	4787	474	42,9	37,5	23,4	13,6
H.n 1.2	707	39589	5431	34025	160	1331	934	288	30,8	20,5	0,9	1,5
H.n 2.1	882	53438	4591	39216	170	799	608	503	31,8	23,9	0	0
H.n 2.2	860	46679	4009	26543	283	4908	3278	509	46,9	22,7	14,5	6,4
H.n 3.1	1507	46040	5830	36233	128	1054	746	456	40,2	30,5	1,1	4,2
H.n 3.2	1326	45625	5145	35439	220	2125	1345	395	50,7	29,6	19	3,1
H.n 4.1	2050	57264	2767	26411	347	485	389	364	34	10,6	0	1,9
H.n 4.2	1707	47807	2800	19986	347	1455	918	411	28,8	14,4	1,3	3,1
WHO reference (foods)								<32	<45	<2,9	<30	<9.8

Tabla 2. Composición de la parte aérea de plantas de Habichuela roja cuando crecen en suelos de Pedernales.

	P	Ca	Mg	K	Na	Al	Fe	Mn	Zn	Cu	Cr	Ni
H.r 1.1	630	38434	4417	33105	128	1018	715	279	27	20	0	0
H.r 1.2	424	35363	4574	28361	128	1533	950	310	40	20	4,4	0
H.r 2.1	1056	46146	3345	18125	180	996	667	297	19,1	42,9	2,4	0,9
H.r 2.2	1105	43475	4826	29733	189	746	608	290	31,2	53,5	0	0
H.r 3.1	1797	49837	3968	33721	423	3378	2206	406	53,7	44,4	6,1	2,1
H.r 3.2	1879	44265	6183	40005	223	1002	794	260	45	35,6	2,3	8,1
H.r 4.1	1639	58900	1895	20299	100	2012	1163	823	36,5	11	3,4	4,9
H.r 4.2	2419	64605	3532	36925	335	6845	3827	609	39,7	19,8	16,6	14,9
WHO reference (foods)								<32	<45	<2,9	<30	<9.8

Tabla 3. Composición de la parte aérea de plantas jóvenes de Guandules cuando crecen en suelos de Pedernales.

Especie	P	Ca	Mg	K	Na	Al	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd	Cr	Ni
Guandules 1.1	3092	12848	1822	19113	620	624	533	134	40	11,1	12,6	1,1	10,6	5,8
Guandules 1.2	3193	14843	2478	20849	908	932	760	167	47	16,4	21,5	1,8	8,5	5,9
Guandules 2.1	2129	18310	7253	20678	209	1771	1942	173	25	10,5	47,4	n.d	6,1	6,1
Guandules 2.2	3015	15205	2127	21191	205	551	450	85	31	8,8	n.d	n.d	3,0	2,9
Guandules 3.1	2891	12931	1696	18499	184	537	351	91	26	6,9	n.d	n.d	1,5	1,3
Guandules 3.2	2508	14325	2335	19588	262	411	293	143	25	6,0	35,4	n.d	1,4	1,4
Guandules 4.1	1735	9534	645	9348	1395	546	343	73	15	4,8	40,1	n.d	2,0	0,0
Guandules 4.2	2463	10507	1069	11113	2311	442	268	132	24	5,8	80,5	n.d	0,6	1,0
WHO reference (foods)								<32	<45	<2,9	<1,3	<0,23	<30	<9.8

c) Evaluación de la sensibilidad al aluminio en las variedades Negra y Roja de habichuela (*Phaseolus vulgaris* L) procedentes del territorio de Pedernales en comparación con un control

(En colaboración con la Dra. Charlotte Poschenrieder de la Universidad de Barcelona)

En este ensayo se compararon tres variedades de *P. vulgaris*, dos procedentes de Pedernales (República Dominicana) (var Negra y var. Roja) y un cultivar Español (var. Contender, de mata baja), con respecto al comportamiento que presentan en relación con el Al. Tras germinación en sándwich húmedo de espuma durante 6 días se transfirió las plantulas a cultivo hidropónico (9 plantas por 5 litros de solución; pH inicial 4,3 baja fuerza iónica sin Al) durante 72 horas.

Después se transfieren las plantulas a solución de tratamiento durante 24 h. (baja fuerza iónica, pH inicial 4,3) con 0, 10 o 20 μM Al en forma de AlCl_3 .

Se mide longitud inicial y final de la raíz principal; se hace seguimiento de cambios de pH de la solución y tinción de raíces con hematoxilina para visualizar Al en raíz.

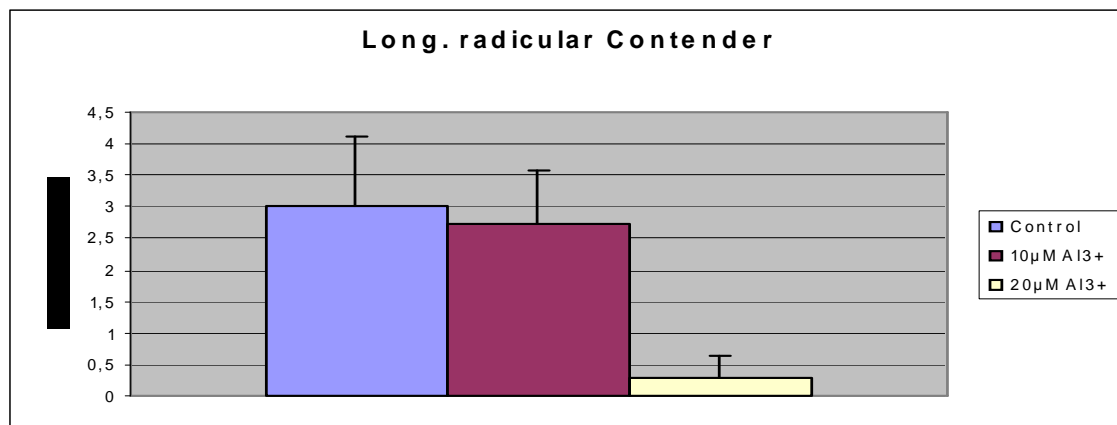
Las plantas del control (var. Contender) sufrían disminución del pH de la solución tanto en el Control como en los tratamientos con Al, pero apenas influían en el pH las raíces de las habichuelas americanas (ver tabla pH) manteniéndose el valor de los tratamientos siempre a $\text{pH} \leq 4.4$ (Tabla 1)

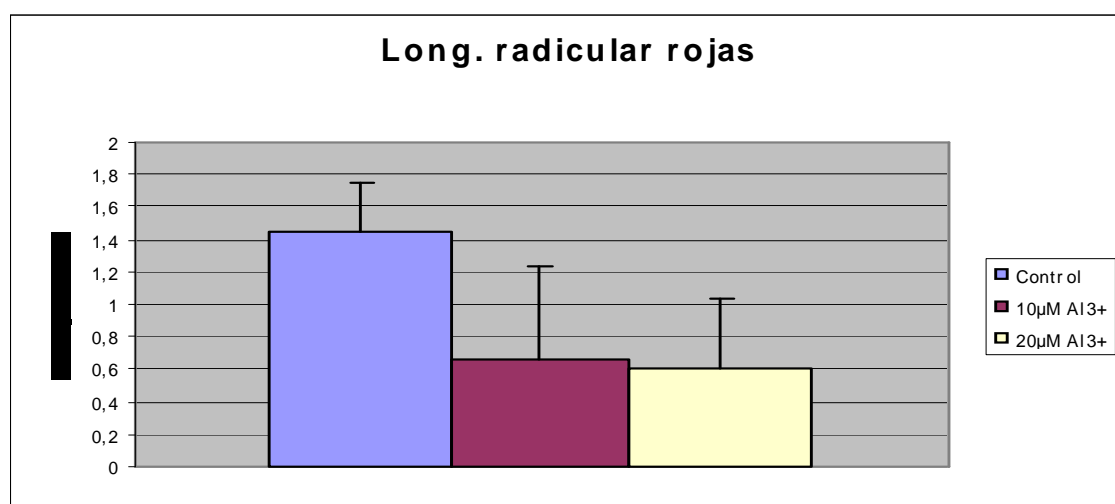
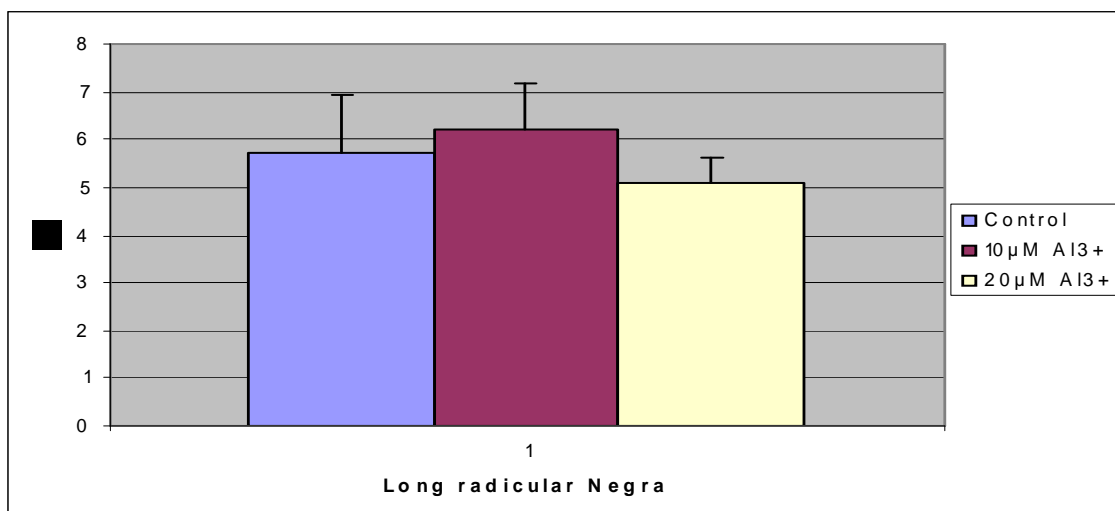
Tabla 1: Valores de pH final tras 24 h de exposición al Al en soluciones nutritivas con pH inicial de 4,3.

Tratamiento	H. Roja	H. Negra
Control	4.40	4.50
10 μM Al	4.38	4.40
20 μM Al	4.32	4.36

La Figura 1 muestra los resultados de la elongación de las raíces principales durante los 24 h de tratamiento.

Hubo diferencias fundamentales en la elongación bajo condiciones control entre las tres variedades, mostrando var roja la menor elongación. No sabemos si esta baja tasa de elongación se debe a una característica intrínseca de esta variedad o se trata de consecuencia del pH ácido (toxicidad por H^+) de la solución control a pH 4.3. Tendríamos que hacer cultivo adicional a pH más neutral para confirmar esto.





Bajo tratamiento con Al hubo diferencias claras en la elongación en la variedad Contender (control). No hubo efecto negativo alguno en la variedad negra y un resultado ambiguo en la roja. Los valores medios de elongación en esta variedad roja se vieron claramente disminuidos por el tratamiento con Al pero hubo gran variabilidad entre las réplicas y esto, junto con una tasa de elongación relativamente baja, da valores estadísticamente no significativos dentro de la variedad. Tendríamos que hacer un mayor número de medidas para asegurar el efecto del tratamiento intravarietal. Lo que si da claramente significativo es la diferencia intervarietal y la interacción variedad/tratamiento en el análisis de varianza con dos factores de variación (tratamiento y variedad) (Programa STATISTICA, ANOVA post hoc comparison tipo Tuckey test) Tablas 2 y 3

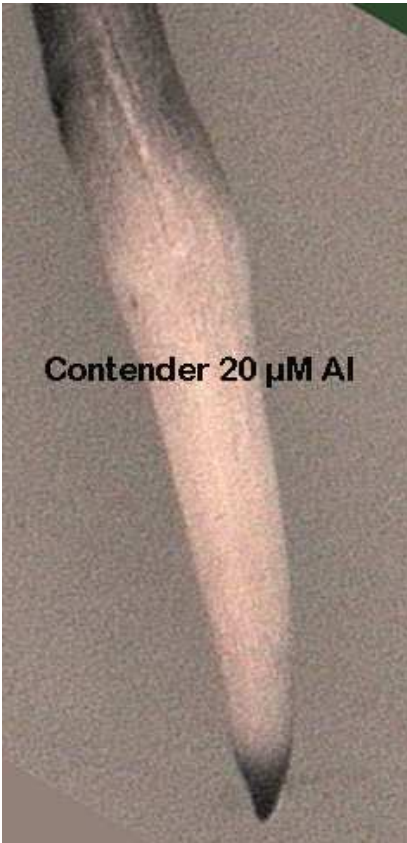
Tabla 2 Post hoc Tuckey test para diferencias significativas entre todas la medias.

	Variety	AI	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
1	Cont	0		0,997646	0,000136	0,002069	0,000137	0,000137	0,000136	0,000136	0,000141
2	Cont	10	0,997646		0,000136	0,022231	0,000145	0,000141	0,000136	0,000136	0,000137
3	Cont	20	0,000136	0,000136		0,051830	0,977903	0,991831	0,000136	0,000136	0,000136
4	Roja	0	0,002069	0,022231	0,051830		0,465972	0,370244	0,000136	0,000136	0,000136
5	Roja	10	0,000137	0,000145	0,977903	0,465972		1,000000	0,000136	0,000136	0,000136
6	Roja	20	0,000137	0,000141	0,991831	0,370244	1,000000		0,000136	0,000136	0,000136
7	Negra	0	0,000136	0,000136	0,000136	0,000136	0,000136	0,000136		0,917190	0,726393
8	Negra	10	0,000136	0,000136	0,000136	0,000136	0,000136	0,000136	0,917190		0,070702
9	Negra	20	0,000141	0,000137	0,000136	0,000136	0,000136	0,000136	0,726393	0,070702	

Tabla 3. ANOVA con dos factores de variación.

	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	664,4938	1	664,4938	1101,427	0,000000
Variety	338,4136	2	169,2068	280,468	0,000000
AI Treatment	30,9884	2	15,4942	25,682	0,000000
Variety*AI Treatment	19,0064	4	4,7516	7,876	0,000025
Error	43,4378	72	0,6033		

La tinción con hematoxilina también confirma que la variedad roja es más sensible al AI que la Negra. Aunque haya una considerable producción de mucílago, que parece proteger la parte más extrema, se observa fuerte tinción en la parte de elongación y también el típico engrosamiento y resquebrajamiento del cortex.



5. ACCIÓN CONJUNTA DE METALES PESADOS DEL SUELO EN CULTIVOS (MAÍZ Y SORGO) PARA ALIMENTACIÓN HUMANA Y USO FORRAJERO

Resumen

Se parte del presupuesto de que la salud de ecosistemas es uno de los pilares en que se apoya el desarrollo sostenible, por lo que comienza a ser un nuevo lenguaje para el discurso público de la contaminación. En la actualidad ha comenzado a denunciarse la existencia de una “pandemia silenciosa” debida a tóxicos ambientales, cuyo efecto en las personas es real pero difícil de calibrar. La hipótesis de que metales pesados producidos por una acción geoquímica en algunos ecosistemas pueda estar relacionada no solo con la productividad del sistema, sino también con la salud humana, nos ha conducido a estudiar la biodisponibilidad por parte de cultivos que son fuente primaria de alimentación humana o uso forrajero.

Se han elegido cuatro escenarios reales en base a la presencia en el suelo de Al y más de un metal pesado (Cd, Cu, Zn, Cr y Ni). Los suelos allí recogidos, han servido para realizar bioensayos en microcosmos, bajo condiciones controladas, donde se sembraron maíz y sorgo. Cada escenario y testigo cuentan con 3 replicaciones. Las semillas fueron germinadas en oscuridad, en cámara de crecimiento y luego trasplantadas. Los análisis de metales en suelos y plantas se han realizado con espectroscopia de emisión de plasma; además se ha utilizado la microscopía de barrido para saber que órganos y tejidos vegetales podían acumular metales.

Se muestran los resultados correspondientes a los bioensayos, y se realiza la discusión de los mismos desde el marco conceptual expuesto, observando que los análisis estadísticos revelaron la existencia de diferencias significativas, en parte aérea y en raíz, en los contenidos alcanzados por maíz y sorgo en los diferentes suelos. En el caso del maíz afectaron al Al, Cu, Cd y Mn en parte aérea y a Cu, Cd, Cr, Ni y Mn en raíz. Siendo algunos de ellos (Cd, Cu y Al) elevados y perjudiciales. El planteamiento metodológico utilizado es válido para una evaluación encaminada a la sanidad ambiental.

Palabras clave: agroecosistemas tropicales, bioensayos toxicidad, sanidad ambiental

Introducción: hipótesis de la investigación y objetivos de este trabajo

Se parte del presupuesto de que la salud de ecosistemas es uno de los pilares en que se apoya el desarrollo sostenible, por lo que comienza a ser un nuevo lenguaje para el discurso público de la contaminación. Así, la salud de ecosistemas se ha definido como una ciencia emergente de aproximación sistémica para prevenir, diagnosticar y pronosticar aspectos para el manejo de los mismos y establecer relaciones entre la salud del ecosistema y la salud humana (Calow, 1995; Di Giulio y Monosson, 1996; Rapport, 2003). Hace ya treinta años se iniciaba la investigación de geoquímica y salud como una de las líneas del Programa MAB (Man and Biosphere) de la UNESCO (1978).

La hipótesis de que metales pesados producidos por una acción geoquímica en algunos ecosistemas tropicales, (Hernández et al., 2006), pueda estar relacionada no solo con la productividad del sistema, sino también con la salud humana, nos ha conducido a estudiar la biodisponibilidad por parte de los principales cultivos que son fuente

primaria de la alimentación humana y forrajera en dicho territorio. Este estudio comienza por conocer las respuestas de los mismos a los metales pesados que actúan conjuntamente en los suelos donde son cultivados, pero pretende también aproximarse a las denominadas ecopatologías que pueden producir (Pérez, 2001). En la actualidad ha comenzado a denunciarse la existencia de una “pandemia silenciosa” debida a tóxicos ambientales, cuyo efecto en las personas es real pero difícil de calibrar (Ortega et al., (2005).

Material y métodos

Atendiendo a los valores obtenidos para los metales pesados, (Hernández et al., 2007), se han elegido cuatro escenarios reales en base a la presencia de más de un metal pesado en la capa superficial edáfica. Ambos escenarios son representativos de los usos más frecuentes en las áreas de agricultura intensiva, de amortiguamiento y núcleo de la Reserva de la Biosfera Jaragua-Bahoruco-Enriquillo de la República Dominicana.. Las muestras de suelo recogidas en esos escenarios sirvieron para realizar dos bioensayos en microcosmos (1 Kg de suelo), situados en invernadero, donde se sembraron dos tipos de cultivos en la zona, con variedades locales; las semillas fueron previamente germinadas en cámaras de crecimiento manteniéndolas en la oscuridad hasta su germinación y luego se traspasadas a las cubetas). Las dos especies cultivadas maíz (*Zea mays*) y sorgo (*Sorghum vulgare*), son consumidas por poblaciones humanas en el territorio y el sorgo se utiliza principalmente como forrajera para ganado vacuno; además, las partes no comestibles del maíz por las personas, se utilizan para alimentación de animales domésticos (cerdos y gallinas), así como abono orgánico para los suelos de cultivo.

Los niveles de elementos totales y asimilables (éstos según Lakanen & Ervio ,1971), mediante espectrofotometría de emisión de plasma, tras moler los suelos en mortero de ágata y someterlos a ataque ácido con HNO₃ y HClO₄ en proporción 4:1, en el caso de los contenidos totales. Además, se ha utilizado la técnica de microscopía electrónica de barrido para saber qué órganos y tejidos vegetales podían acumular metales.

Resultados

En la Tabla 1 se exponen los valores medios de los metales pesados pseudototales que aparecen en los suelos empleados en los bioensayos realizados en condiciones controladas.

Se acompañan de los valores de los niveles de referencia utilizados en Holanda.

Tabla 1. Valores medios (ppm) de los metales pesados pseudototales que presentan los suelos utilizados en los microcosmos y Al cambiante (N.R. niveles de referencia por encima de los cuales se considera un suelo puede considerarse contaminado).

Suelo	Al*	Cd	Cr	Cu	Zn	Ni
Suelo-1	44	8,4	68,7	72	139	89,9
Suelo-2	n.d.	37	171	259	148	180
Suelo-3	685	28,8	103	259	504	234,5
Suelo-4	168	42,6	50,6	165	121	165,6
N. R.	-	0.8	100	36	140	35

Tabla 2. Medias y desviaciones típicas del nº de hojas y altura de las plantas de sorgo después de 4 semanas de exposición.

		Nº de hojas	Altura máxima
Control	media	6,0	38,9
	<i>desv.típica</i>	0,0	10,6
Olivares I	media	6,4	51,9
	<i>desv.típica</i>	0,53	13,3
Olivares II	media	5,9	30,7
	<i>desv.típica</i>	0,33	3,1
Mongote	media	6,0	38,1
	<i>desv.típica</i>	0,0	7,9
Bauxita	media	4,3	17,1
	<i>desv.típica</i>	0,5	0,9

Tabla 3. Análisis estadístico de los datos para el sorgo

Variable analizada	ANOVA p-valor	Kruskal-Wallis p-valor	Diferencia con el control	Media del control	Diferencia de medias
Nº de hojas	0,0000	3,99 10 ⁻⁷	Bauxita < C Olivares I > C	6,0	- 1,667 +0,44
Altura máxima	0,0067	0,03878	Bauxita < C	38,8667	- 21,7667

Tabla 4. Peso seco y macronutrientes en parte aérea del Sorgo al final del bioensayo en microcosmos.

Localidad		Peso g	N %	P mg/Kg	Ca mg/Kg	Mg mg/Kg	K mg/Kg	Na mg/Kg
Control	media	1,26	0,698	2070,8	7124,3	1376,6	18123,8	136,8
	<i>desv.tip,</i>	0,61	0,100	431,8	1613,1	358,6	530,6	41,3
Olivares I	media	2,29	0,942	2238,0	8418,3	3700,3	13493,2	61,4
	<i>desv.tip,</i>	0,86	0,240	225,1	368,8	1111,3	6318,0	23,3
Olivares II	media	0,86	0,863	2305,7	8206,3	3288,5	11449,7	146,9
	<i>desv.tip,</i>	0,19	0,098	395,3	818,7	49,4	1319,0	94,7
Mongote	media	1,53	0,830	958,3	7913,7	3713,2	5987,1	401,7
	<i>desv.tip,</i>	0,64	0,123	210,5	204,5	1138,3	3254,2	129,4
Bahoruco	media	0,16	-	280,3	11368,1	1476,6	6998,8	1219,0
	<i>desv.tip,</i>	0,01	-	12,9	1038,6	111,8	0,3	212,7

Tabla 5.- Oligoelementos en parte aérea del Sorgo al final del bioensayo.

Localidad		Fe mg/Kg	Mn mg/Kg	Zn mg/Kg	Cu mg/Kg
Control	media	194,0	68,5	29,8	6,5
	<i>desv.tip,</i>	89,8	21,7	5,7	0,8
Olivares I	media	205,2	109,4	44,7	25,6
	<i>desv.tip,</i>	128,3	41,0	13,4	28,7
Olivares II	media	289,2	141,5	45,5	10,2
	<i>desv.tip,</i>	151,0	7,9	17,988	1,8
Mongote	media	217,1	207,4	41,867	7,0
	<i>desv.tip,</i>	119,7	52,6	14,1	0,6
Bahoruco	media	620,9	165,8	84,5	22,4
	<i>desv.tip,</i>	23,8	6,3	0,6	1,9

Tabla 6. Al y Metales pesados (mg/Kg) en hojas del Sorgo al final del bioensayo en microcosmos.

Sorgo		Al	Pb	Cd	Cr	Ni
Control	media	226,5	n.d	n.d	6,9	7,0
	<i>desv,tip,</i>	73,6			1,9	1,3
Suelo 1	media	224,8	n.d	n.d	8,4	7,4
	<i>desv,tip,</i>	114,4			0,9	1,4
Suelo 2	media	338,2	n.d	n.d	9,4	7,5
	<i>desv,tip,</i>	129,9			1,9	1,2
Suelo 3	media	298,0	n.d	n.d	4,8	4,3
	<i>desv,tip,</i>	119,4			0,3	0,3
Suelo 4	media	871,7	n.d	n.d	4,5	4,9
	<i>desv,tip,</i>	20,3			0,2	0,9

Tabla 7.- Peso seco y macronutrientes en raíz de Sorgo al final del bioensayo en microcosmos.

Localidad	Peso g	N %	P mg/Kg	Ca mg/Kg	Mg mg/Kg	K mg/Kg	Na mg/Kg	
Control	media	0,70	0,556	1060,2	3738,6	1005,0	8016,8	496,4
	<i>desv,tip,</i>	0,26	0,040	114,5	414,6	44,2	737,8	66,8
Olivares I	media	2,07	0,653	824,8	7707,0	1160,9	6559,3	648,0
	<i>desv,tip,</i>	1,12	0,091	109,4	6511,1	361,9	2747,8	165,8
Olivares II	media	0,67	0,638	692,4	4024,8	990,0	5316,9	1170,6
	<i>desv,tip,</i>	0,21	0,085	23,3	1715,0	131,8	1307,5	310,2
Mongote	media	1,24	0,944	821,7	3178,7	1073,5	3945,0	1986,4
	<i>desv,tip,</i>	0,23	0,092	130,6	726,9	78,0	1579,2	659,9
Bahoruco	media	0,18	0,884	130,9	2987,5	351,9	2767,9	1716,3
	<i>desv,tip,</i>	0,02	0,038	54,8	31,0	16,4	24,6	82,676

Tabla 8. Oligoelementos en raíz de Sorgo al final del bioensayo en microcosmos.

Localidad	Fe mg/Kg	Mn mg/Kg	Zn mg/Kg	Cu mg/Kg	
Control	media	1646,4	37,7	57,6	110,2
	<i>desv,tip,</i>	853,7		29,3	14,2
Olivares I	media	1752,4	57,9	65,7	204,4
	<i>desv,tip,</i>	737,8		38,1	18,3
Olivares II	media	1681,9	103,8	66,5	183,5
	<i>desv,tip,</i>	642,0		29,6	36,3
Mongote	media	1325,2	348,2	76,7	61,7
	<i>desv,tip,</i>	449,9		59,1	4,3
Bahoruco	media	2673,8	141,7	67,5	175,2
	<i>desv,tip,</i>	52,2		30,6	8,3

Tabla 9. Al y Metales pesados en raíz de sorgo.

Localidad		Al mg/Kg	Pb mg/Kg	Cd mg/Kg	Cr mg/Kg	Ni mg/Kg
Control	media	789,3	n.d	0,11	10,62	9,97
	<i>desv,tip,</i>	127,1		0,10	8,23	1,0
Olivares I	media	1093,8	n.d	3,20	5,70	10,9
	<i>desv,tip,</i>	62,1		0,72	2,44	0,35
Olivares II	media	1984,6	n.d	19,39	10,26	14,23
	<i>desv,tip,</i>	831,6		4,27	3,22	3,41
Mongote	media	1399,0	n.d	23,37	4,03	10,37
	<i>desv,tip,</i>	679,2		5,73	0,61	2,31
Bahoruco	media	3011,0	n.d	37,07	17,04	15,99
	<i>desv,tip,</i>	24,8		1,48	0,39	1,94

Tabla 10.- Peso seco (g) y nutrientes en hojas de maíz (mg/kg y % para el N) al finalizar el bioensayo.

		Peso	N	P	Ca	Mg	K	Na	Fe	Mn
Control	media	1,60	0,70	2070,8	7124,3	1376,6	18123,8	136,8	194,0	68,5
	<i>desv,tip,</i>	0,61	0,10	431,8	1613,1	358,6	530,6	41,3	89,9	21,7
Suelo 1	media	2,29	0,94	2238,0	8418,3	3700,3	13493,2	61,4	205,2	109,4
	<i>desv,tip,</i>	0,86	0,24	225,1	368,8	1111,3	6318,1	23,3	128,3	40,9
Suelo 2	media	0,86	0,86	2305,7	8206,3	3288,5	11449,7	146,9	289,2	141,5
	<i>desv,tip,</i>	0,18	0,1	395,2	818,6	49,3	1319,1	94,7	150,9	7,9
Suelo 3	media	1,53	0,83	958,3	7913,7	3713,17	5987,1	401,7	217,1	207,4
	<i>desv,tip,</i>	0,63	0,123	210,5	204,5	1138,3	3254,1	129,4	119,7	52,6
Suelo 4	media	0,16	-	280,3	11368,1	1476,6	6998,8	1219,0	620,9	165,8
	<i>desv,tip,</i>	0,01	-	12,9	1038,6	111,8	0,3	212,7	23,7	6,3

Tabla 11.- Metales pesados (mg/Kg) en hojas de maíz al finalizar el bioensayo de 2004.

		Zn	Cu	Al	Pb	Cd	Cr	Ni
Suelo 1	media	29,8	6,5	789,29	n.d	0,11	10,2	10,0
	<i>desv,tip,</i>	5,8	0,850	127,1		0,1	8,2	1,0
Suelo 2	media	44,7	25,6	1093,8	n.d	3,2	5,7	10,9
	<i>desv,tip,</i>	13,4	28,3	62,1		0,7	2,4	0,3
Suelo 3	media	45,5	10,2	1984,6	n.d	19,4	10,3	14,2
	<i>desv,tip,</i>	18,0	1,8	831,6		4,3	3,2	3,4
Suelo 4	media	41,9	7,0	1399,0	n.d	23,4	4,0	10,4
	<i>desv,tip,</i>	14,1	0,6	679,2		5,3	0,6	2,3
Control	media	84,5	22,4	3011,0	n.d	37,1	17,0	16,0
	<i>desv,tip,</i>	0,570	1,9	24,8		1,5	0,4	1,9

Tabla 12.- Porcentajes medios del contenido en metales pesados en células de hoja de maíz crecido en el suelo 4.

	Epidermis	Vasos
Cr	0,06	0,45
Ni	0,10	0,79
As	0,11	0,50
Cd	0,12	0,85

Tabla 13. Variación en el contenidos de metales pesados en células epidérmicas (externas), del mesófilo (media), de la túnica vascular (interna) y de los vasos conductores en una hoja de Sorgo.

Metal	Uso agrícola en Escenario 1			Vaso	Uso en Escenario 4
	Célula		Célula epidermis		
	externa	media			interna
Cr	9,1	8,8	9,6	8,5	9,0
Fe	31,5	37,7	32,0	36,0	35,3
Ni	11,1	12,1	9,2	13,0	21,9
Cu	19,5	15,4	16,7	19,3	22,0
Zn	n.d.	6,4	2,5	2,7	n.d.
Cd	n.d.	0,34	n.d.	3,7	0,86

Tabla 14. Peso seco (g) y nutrientes (Mg/kg y %N) en raíz de Maíz al final del bioensayo.

Control	Peso g	N %	P mg/Kg	Ca mg/Kg	Mg mg/Kg	K mg/Kg	Na mg/Kg	Fe mg/Kg	Mn mg/Kg	
Olivares I	media	0,70	0,556	1060,2	3738,6	1005,0	8016,8	496,4	1646,4	37,7
	<i>desv,tip,</i>	0,26	0,040	114,5	414,6	44,2	737,8	66,8	853,7	29,3
Olivares II	media	2,07	0,653	824,8	7707,0	1160,9	6559,3	648,0	1752,4	57,9
	<i>desv,tip,</i>	1,12	0,091	109,4	6511,1	361,9	2747,8	165,8	737,8	38,1
Mongote	media	0,67	0,638	692,4	4024,8	990,0	5316,9	1170,6	1681,9	103,1
	<i>desv,tip,</i>	0,21	0,085	23,3	1715,0	131,8	1307,5	310,2	642,0	29,6
Bahoruco	media	1,24	0,944	821,7	3178,7	1073,5	3945,0	1986,4	1325,2	348,2
	<i>desv,tip,</i>	0,23	0,092	130,6	726,9	78,0	1579,2	659,9	449,9	59,1
Control	media	0,18	0,884	130,9	2987,5	351,9	2767,9	1716,3	2673,8	141,7
	<i>desv,tip,</i>	0,02	0,038	54,8	31,0	16,4	24,6	82,7	52,2	30,7

Tabla 15. Contenido en Al y metales pesados (medias X y d.t.) en raíces de Maíz, sembradas en los suelos de los microcosmos y en un suelo control (C).

Suelos	Metales								
	Al	Mn	Cu	Zn	Pb	Cd	Cr	Ni	
Control	m	1599	28	10,9	76	0	0,0	2,6	3,8
	dt	813	20	5,5	26	0	0,0	0,9	2,6
Mongote	m	3317	269	28,2	156	0	10,2	5,4	10,9
	dt	721	112	11,8	19	0	3,4	1,8	2,9
Olivares-1	m	3836	184	25,8	95	0	0,6	9,9	11,9
	dt	1133	44	9,1	16	0	0,6	1,5	2,7
Olivares -2	m	4954	153	19,6	107	0	10,1	21,7	11,1
	dt	2009	85	2,9	39	0	2,4	12,2	3,1
Bahoruco	m	2394	120	32,7	88	0	44,4	8,7	7,8
	dt	1994	71	32,2	33	0	27,9	4,5	5,5

Conclusiones

Se parte del presupuesto de que la salud de ecosistemas es uno de los pilares en que se apoya el desarrollo sostenible, por lo que comienza a ser un nuevo lenguaje para el discurso público de la contaminación.

En la actualidad ha comenzado a denunciarse la existencia de una “pandemia silenciosa” debida a tóxicos ambientales, cuyo efecto en las personas es real pero difícil de calibrar. La hipótesis de que metales pesados producidos por una acción geoquímica en algunos ecosistemas tropicales (República Dominicana) pueda estar relacionada no solo con la productividad del sistema, sino también con la salud humana, nos ha conducido a estudiar la biodisponibilidad por parte de cultivos que son fuente de alimentación humana y de uso forrajero.

Se han elegido cuatro escenarios reales en base a la presencia en el suelo de Al y más de un metal pesado (Cd, Cu, Zn, Cr y Ni). Los suelos allí recogidos, (Los Olivares, Mongote y Bahoruco) han servido para realizar bioensayos en microcosmos, bajo condiciones controladas, donde se sembraron maíz y sorgo. Cada escenario y testigo cuentan con 3 replicaciones. Las semillas fueron germinadas en oscuridad, en cámara de crecimiento y luego trasplantadas a los microcosmos. Los análisis de metales en suelos y plantas se han realizado con espectroscopia de emisión de plasma; además se ha utilizado la microscopía de barrido para saber que órganos y tejidos vegetales podían acumular metales.

Los análisis estadísticos revelan la existencia de diferencias significativas, en parte aérea, en los contenidos alcanzados por maíz y sorgo en los diferentes suelos. En el caso del maíz afectaron al Al, Cu, Cd y Mn y en el sorgo al Fe, Mn y Zn, especialmente. Algunos de ellos se encuentran en concentraciones elevadas y, al ser acumulados en las cadenas tróficas, pueden resultar muy perjudiciales. El planteamiento metodológico utilizado es válido para una evaluación encaminada a la sanidad ambiental.

Agradecimientos: Esta investigación está siendo financiada mediante el Proyecto CTM2005-02165/TECNO del Mº de Educación y Ciencia y al Programa EIADES de la Comunidad de Madrid

Bibliografía

- Adriano, D.C., 2001. *Trace elements in the terrestrial environments*. Ed. Springer-Verlag.
- Barceló, J., Poschenrieder, Ch., 1992. Respuesta de las plantas a la contaminación por metales pesados. *Suelo y Planta*, 2: 345-361.
- Calow, P., 1995. Ecosystem Health. A critical análisis of concepts. In: *Evaluating and Monitoring the Health of Large-Scale Ecosystems*. NATO ASI Series, vol. 138, Springer-Verlag, Berlín, pp. 33-41.
- CCP (Centro Cultural Poveda). 2006. *Plan Estratégico para el desarrollo humano integral de la provincia de Pedernales 2007-2017*. Ed. Centro Cultural Poveda, Santo Domingo (República Dominicana).
- Di Gulio, R.T., Monosson, E., 1996. *Interconnections between Human and Ecosystems Health*. Chapman & Hill.
- Hapke, H.J., 1986. Heavy metals transfer in the food chain to humans. En: C.R. Barrueco (ed). *Fertilizers and Environment*. Kluwer Acad Publishers, pp. 431-436.
- Hernández, A. J. y Pastor, J. 1989. Técnicas analíticas para el estudio de la interacción suelo-planta. *Henares, Revista de Geología*, 3: 67-102

- Hernández, A., Vizcayno, C., Alexis, S., Pastor, J., 2006. Procesos antropodédicos frecuentes en la Reserva de la Biosfera *Jaragua-Bahoruco-Enriquillo* (República Dominicana). En: J. F. Gallardo (ed), *Medioambiente en Iberoamérica. Visión desde la Física y Química en los albores del s. XXI.* Diputación de Badajoz, 223-229.
- Hernández, A. J.; Pastor, J. y Alexis, S. 2007. Características edáficas de los suelos de ecosistemas presentes en la Reserva de la Biosfera Jaragua-Bahoruco-Enriquillo (República Dominicana).
- Lakanen E., Ervio R. 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. *Acta Agricultura Fennica*; 123: 223-232.
- Ortega, J.A., Ferris, J., Cánovas, A., García Castell, J., 2005. Neurotóxicos medioambientales (II). Metales: efectos adversos en el sistema nervioso fetal y posnatal. *Acta Pediatr Esp.*, 63: 182-192.
- Pérez, F., 2001. Ecopatologías: influencia en la salud pública y sanidad animal. *Anales de la Real Academia Nacional de Medicina*: 137-170.
- Rapport, D.J., et al.(Eds.) 2003. *Managing for Healthy Ecosystems*. Lewis Publishers, USA.
- UNESCO, 1978. “*La Naturaleza y sus Recursos*”: Boletín del programa MAB XIV, 1-14.

CAPÍTULO VII

LA PERCEPCIÓN DEL PAISAJE COMO COMPONENTE PARA LA GESTIÓN Y CONSERVACIÓN DE UNA RESERVA DE LA BIOSFERA



1. PRESENTACIÓN DEL CAPÍTULO

Este capítulo consta de un solo artículo que fue presentado en *IX Congreso Latinoamericano de Botánica, Santo Domingo, 2006* (Libro de Resúmenes), así como ponencia en el *I Encuentro Regional de Desarrollo Sostenible en la Reserva de Biosfera Jaragua-Bahoruco-Enriquillo* celebrado en Barahona, (República Dominicana), 13 y 14 de junio del 2006. En el momento actual ha sido aceptado íntegramente como uno de los capítulos del libro “Reserva de la Biosfera *Jaragua-Bahoruco-Enriquillo*. Itinerarios ecológicos” Ed. Centro Cultural Poveda, Santo Domingo (en prensa).

LA PERCEPCIÓN DEL PAISAJE COMO COMPONENTE PARA LA GESTIÓN Y CONSERVACIÓN DE UNA RESERVA DE LA BIOSFERA

Resumen

Los juicios de preferencia están en función de necesidades humanas así como de la capacidad de percepción y criterios subjetivos de los sujetos en un territorio. *Preferencia*, se define pues como satisfacción por encontrarse en el lugar que representa la escena. Partiendo de esta cuestión es necesario contar con la opinión de los principales usuarios del territorio a la hora de pretender una conservación y manejo ecológico del paisaje como recurso natural. Presentamos en este trabajo el estudio realizado con dos importantes colectivos en una de las áreas significativas de la única Reserva de la Biosfera en República Dominicana: líderes de diferentes organizaciones sociales (fundamentalmente campesinos) y jóvenes de 16 a 23 años, (estudiantes en el Liceo de Pedernales). La metodología empleada ha consistido en una combinación de distintos métodos: (1) percepción de 18 pares de fotos correspondientes a distintas unidades paisajísticas de la provincia; (2) recogida de los criterios en los que se basan sus preferencias de paisaje; (3) exposición audiovisual de las unidades paisajísticas y usos del suelo en la provincia de Pedernales realizada por una ecóloga ; (4) realización de cuestionarios con las opiniones personales acerca del conocimiento del paisaje y de los recursos naturales del territorio. El estudio de la información recogida muestra la validez de la metodología empleada, así como la demanda de estos colectivos por una formación y capacitación adecuada para el desarrollo sostenible de este especial territorio de la única Reserva de la Biosfera en la República Dominicana. Al mismo tiempo, se incide en que debe ser realizada una educación formal y no formal acerca del paisaje vegetal y de la gestión de este recurso natural.

Introducción

Uno de los principales objetivos de la Educación Ambiental es enseñar a conocer la Naturaleza y el Medioambiente, condición imprescindible para desencadenar los procesos afectivos. Estas dos realidades tienen un carácter eminentemente territorial, en la que la integración entre los componentes del medio y sus interacciones tienen un reflejo visual que conocemos como *paisaje*. Por ello la percepción del paisaje tiene una especial importancia. Por otra parte, un proceso de análisis visual basado en un caso real, permite obtener pautas para valorar la repercusión que tiene sobre el paisaje la intervención humana. No obstante, sabemos que los juicios de preferencia están en función de las necesidades humanas, así como de la capacidad de percepción y criterios subjetivos de los sujetos en un territorio.

Actualmente se conoce que los diferentes roles jugados por los diversos grupos de usuarios del medio natural, implican una disposición actitudinal que suele estar relacionada con su comportamiento. Para la sostenibilidad en el medio rural es imprescindible contar por tanto con el sector social residente y no solamente con los visitantes o con los expertos implicados en la gestión del territorio. En investigaciones anteriores hemos expuesto el papel determinante que algunos sectores poblacionales pueden tener en la gestión futura de un territorio en el medio rural: estudiantes universitarios (Hernández y Pastor, 1991; Hernández et al., 1993), o estudiantes de secundaria y agricultores (Hernández et al., 2005), ya que sin su implicación es muy improbable obtener niveles aceptables de conservación en el marco del desarrollo sostenible. El mantenimiento de la calidad del paisaje se plantea en la sociedad contemporánea como una prioridad en todas sus dimensiones y funciones, considerando no solo sus factores ecológicos, sociales o económicos, sino también los culturales, escénicos y afectivos (Aronson et al., 1993; Fuentes, 1994).

Este trabajo muestra un modo de acercamiento al tema que nos ocupa. Su interés radica sobre todo en que la gente es un componente insustituible para la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad en cualquier Reserva de la Biosfera. El propósito que nos proponemos alcanzar en principio es el de articular la investigación científica que realizamos en la provincia de Pedernales, toda ella emblemática de la Reserva *Jaragua-Bahoruco-Enriquillo*, con la dimensión educativa para el desarrollo sostenible de la misma, en orden a predeterminedar un programa de educación ambiental contextualizado para esta Reserva de la Biosfera en la República Dominicana. El diseño de programas para una educación en la sostenibilidad constituye actualmente uno de los objetivos prioritarios para esta nueva década por parte de la UNESCO (2005). Este trabajo desea mostrar unos primeros resultados al respecto.

Metodología

El referente teórico se muestra en la figura 1. Partiendo de este marco conceptual es necesario contar con la opinión de los principales usuarios del territorio a la hora de pretender una conservación y manejo ecológico del paisaje como recurso natural (Hernández y Jiménez, 1999).

Figura 1. Marco teórico tenido en cuenta en este trabajo (Lubchenco et al., 1991)



La literatura distingue generalmente entre grupos asociados a usos económicos y no económicos (recreativos y educacionales). Conocemos, además, que la evaluación estética del paisaje está vinculada a una de las dos categorías siguientes: métodos independientes del público y métodos dependientes del público (usuarios del territorio: habitantes y visitantes). En el primer caso, se hace por expertos en el tema, seleccionando alguna de las características fundamentales, agrupándolas en categorías de acuerdo a consideraciones lógicas (criterios de impacto y de visibilidad, entre otros). Si sólo se realiza este tipo de evaluación, basada muchas veces en intereses desde su propia ascendencia cultural, merece la crítica de los habitantes de ese territorio. Por esta razón en este trabajo se ha querido destacar el segundo método. Además, al considerar áreas naturales con presencia humana, como es el caso que nos ocupa, es fundamental contar con el sector social residente. Debido a todos estos aspectos, se ha escogido a un grupo de líderes de diferentes organizaciones sociales (fundamentalmente campesinos), y a otro de jóvenes de 16 a 23 años, (estudiantes de Agroforestal y Acuicultura en el Liceo de Pedernales); así mismo a un grupo de educadores dominicanos residentes en Santo Domingo, pero con experiencia en desarrollo local y educación popular en este territorio (Alexis et al., 2005; Centro Cultural Poveda, 2006), no solo para tener una aproximación al denominado "sector visitante" (o turístico), sino también por conocer su percepción respecto al territorio donde llevan a cabo distintas actividades para el desarrollo.

Para diseñar una metodología que nos ayudara a valorar las preferencias paisajísticas de estos colectivos con el objetivo de obtener pautas a la hora de una gestión sostenible de este territorio, hemos conjugado distintos métodos que consideramos se complementan entre sí y ayudan a detectar las dimensiones que reflejan las actitudes ambientales de los colectivos referidos: (a) percepción de distintas unidades paisajísticas de la provincia, utilizando las descritas en Tolentino y Peña (1998). La "escena natural", percibida en directo o dibujada, pintada o fotografiada, es una de las acepciones usuales del término paisaje (Hernández y Pastor, 1991). Por tanto, por medio de pares de fotografías con imágenes paisajísticas realizadas por nosotros respecto a este territorio, se pasó una colección de 18 pares de diapositivas a los tres colectivos seleccionados (en adelante, L = líderes comunitarios; J = jóvenes y E = educadores). Hemos aplicado la técnica descrita en Hernández et al. (1994); es decir, que la selección de estos pares de fotos está realizada en orden a enfrentar unidades paisajísticas diferentes muy contrastadas (montaña-playa, paisaje sin intervención humana y con intervención, etc.). Cada par es proyectado en pantalla y, en silencio, los participantes en esta actividad, al percibir las fotos de cada par, anotan su preferencia en una ficha que se entrega para la recogida de estos datos. El orden de exposición de estos pares de fotos que hemos seguido, corresponde a una categoría organizativa según la altitud de los bosques en la provincia Pedernales y sus usos más frecuentes.

(b) recogida de los criterios en los que basan sus preferencias de paisaje cada una de las personas participantes en esta actividad y (c), realización de cuestionarios para recoger las opiniones personales acerca del conocimiento del paisaje y del estado de conservación de los recursos naturales del territorio, por parte de los usuarios del mismo.

Se puede comprobar que toda esta metodología se basa en técnicas holísticas cuantitativas que utilizan una mezcla de métodos subjetivos y objetivos en relación a la valoración del paisaje (García Asensio y Cañas, 2001).

Resultados y discusión

Un total de 92 personas han participado de forma voluntaria en las actividades diseñadas y desarrolladas por nosotros para la evaluación de las preferencias con relación a este paisaje. Se trata de líderes de diferentes organizaciones sociales (30 personas), jóvenes estudiantes (un total de 42 personas) y educadores (20 personas). Un 52,9% de todo el conjunto son varones, correspondiendo al 100 % en el caso de los agricultores.

Preferencias paisajísticas de la gente.

El contenido de los 18 pares de fotos que sirvieron para el ejercicio de la percepción subjetiva del paisaje se muestra en la tabla 1-a). La t de Student sirve para evaluar la existencia de diferencias significativas o no entre las preferencias por uno u otro tipo de paisaje que han mostrado los tres colectivos. Solamente se han mostrado diferencias significativas respecto a 8 de los 18 pares de paisajes. Con un asterisco se señala que la significación estadística está por encima del 95% de probabilidad y dos asteriscos, que está por encima del 99 % de probabilidad. A la vista de estos resultados pasamos a hacer las consideraciones que pueden deducirse.

Llama la atención el que la principal preferencia queda reflejada en los tres colectivos por los elevados porcentajes que dan tanto a la unidad “playa” como a los cultivos de regadío - en la foto se percibía el agua- (por encima del 80% de los participantes), incluso cuando se trata de decidir entre el “bosque” frente a “playa”. Nuestros resultados confirman la idea de que los paisajes preferidos por sus cualidades estéticas por la mayoría de la gente, son los que poseen abundante agua y vegetación (ver también los porcentajes entre el bosque latifoliado y el bosque seco de la tabla 1-a). Esta valoración es transcultural y se concreta en dos grandes apetencias universales, probablemente innatas, que se denominan “hidrofilia” y “fitofilia”; ambas tienen manifestaciones psicofisiológicas y respuestas afectivas a la presencia de recursos y medios favorables para el desarrollo humano (González Bernáldez et al., 1989).

Otro resultado acerca de la preferencia de paisaje se refiere al análisis de que hasta qué punto el afecto por el entorno local o “topofilia”, propicia diferencias importantes entre los usuarios del territorio y los visitantes. Así se deduce por los porcentajes más elevados que dan al bosque correspondiente a la sierra de Batoruco (foto nº 5), al bosque nublado (foto nº 6) o a los pastos de vacuno (foto nº 11), los dos colectivos que habitan permanentemente en el territorio frente al de educadores (en este caso los visitantes). La tabla 1-b) muestra las diferencias significativas que existen entre cada uno de los colectivos usuarios del territorio frente a las preferencias del colectivo de educadores.

La belleza escénica ha representado un importante papel en el mundo en el que se ha protegido el paisaje históricamente y en la conservación de aquellos parajes que en un momento dado han sido considerados como belleza singular. Pero tal sensibilidad está siendo desplazada con el paso del tiempo por criterios de distinto orden (políticos y económicos principalmente, como por ejemplo los nuevos usos turísticos pretendidos para Bahía de las Águilas). En los momentos actuales, sin embargo, la preocupación social por la degradación del paisaje está recobrando la importancia del valor escénico que se atribuye al aspecto personal de la percepción del paisaje en sentido amplio.

Se conoce también, que la percepción del medio natural implica una transacción entre un observador que está experimentando el ambiente y el ambiente que está siendo percibido. Esta percepción es holística, es decir, que las propiedades ambientales se perciben no como puntos aislados, sino como entidades significativas (Gibson, 1979; Hernández y Pastor, 1991). Así pues, el significado de un paisaje para un colectivo

humano, no es un añadido de elementos, sino que se debe a la propia estructura del paisaje.

Tabla 1-a).- Preferencias de paisaje (%) obtenidas mediante la percepción de los pares de fotos tanto por el colectivo de líderes de las comunidades del territorio (L), como de los jóvenes (J) y los educadores (E).

Par	Imagen de la izquierda	L	J	E	Imagen de la derecha				t de Student (significación)	
						L	J	E		
1	Montañas	20	5	13	Playa	80	95	87	0,013	**
2	Montañas	70	52	37	Pastizal	30	48	63	0,914	n. s.
3	Montañas	83	74	31	Cultivo plátano	17	26	69	0,513	n. s.
4	Montañas	47	56	44	Cultivo de habichuela	53	42	56	0,881	n. s.
5	Bosque coníferas denso	86	76	56	Bosque aclarado	14	24	44	0,101	Fiable
6	Bosque "nublado"	73	59	50	Playa	27	40	50	0,246	n. s.
7	Bosque latifoliado	83	81	75	Bosque seco	17	19	25	0,007	**
8	Bosque latifoliado	13	45	25	Playa	87	54	75	0,104	Fiable
9	Bosque seco	53	64	19	Playa	47	36	81	0,763	n. s.
10	Pasto montaña	37	57	50	Agricultura montaña	63	43	50	0,765	n. s.
11	Pasto vacuno	40	66	25	Pasto chivos	60	34	75	0,650	n. s.
12	Pasto con ganado	37	31	62	Pastizal abandonado	63	69	38	0,555	n. s.
13	Bosque seco con pasto	40	35	44	Bosque seco sin pasto	60	64	56	0,050	*
14	Ladera con uso	30	59	0	Ladera sin uso	70	41	100	0,355	n. s.
15	Playa uso recreo	6	18	25	Playa con muchos usos	94	82	75	0,026	*
16	Explotación ladera (extracción materiales)	43	48	62	Explotación.ladera (deforest. +extracción materiales)	57	52	38	0,877	n. s.
17	Bosque seco conservado	70	74	56	Bosque seco con basurero	30	26	44	0,093	Fiable
18	Cultivo con regadío	80	81	75	Cultivo sin regadío	20	19	25	0,004	**

Fiable: significativo al 90%

Tabla 1-b).- Comparación entre grupos (t de Student) respecto al conjunto de la observación de los pares de fotos, según sean o no habitantes del territorio.

Pares de fotos	Habitantes del Territorio		
	L - J	L - E	J - E
	0,300	0,098	0,029
1 - 18	n. s.	Fiable	*

Fiable: significativo al 90%

En este contexto es imprescindible considerar, no sólo, el conocimiento de los elementos y procesos que organizan e intervienen en los ecosistemas y paisajes, sino también las percepciones, opiniones, valoraciones y actitudes de la población para implementar con éxito mecanismos de planificación y gestión (Mazzotti y Morgenstern, 1997; Kline y Wechelns, 1998). La provincia Pedernales es uno de los sitios de la Reserva de la Biosfera que actualmente está muy afectada al encontrarse amenazada por

planes de desarrollo industrial y turístico no coherente con una adecuada ordenación del territorio (Santana, 2004). Es por esta razón que necesitamos una mejor comprensión de la percepción que se tiene del paisaje emblemático de la Reserva de la Biosfera en esta provincia por parte de diversos grupos de población, sobre todo los propios habitantes de este territorio rural, con vistas a programas de conservación y desarrollo sostenible coherente con un paisaje muy diverso del cual forma parte.

Las consideraciones anteriores deben estar presentes a la hora de construir los pares de fotos acerca del paisaje de una región (o territorio) si queremos que, a través de la percepción de las mismas, los usuarios de este recurso natural puedan valorarlo, y no solamente escuchar una interpretación del mismo realizada por un experto.

2. Criterios en los que la gente ha basado sus preferencias.

Gil (2004), señala que la percepción y el contexto del paisaje rural, así como de los problemas ambientales, constituyen las dimensiones básicas de las conductas que pueden adoptarse para la sostenibilidad. Conviene tener pues presente que, respecto a la investigación de la percepción subjetiva del ambiente y, siendo esta difícilmente separable de componentes afectivos, no parecen existir técnicas mejores que las listas de adjetivos o descriptores verbales, (Corraliza, 1987, Hernández y Pastor, 1991 y Hernández et al. 1993).

Los juicios de preferencia están en función de necesidades humanas así como de la capacidad de percepción y criterios subjetivos de los sujetos en un territorio. *Preferencia*, se define pues como satisfacción por encontrarse en el lugar que representa la escena. Del análisis de los criterios subjetivos en que los colectivos participantes han basado sus preferencias paisajísticas mediante adjetivos positivos (ver tabla 2), se desprende que los habitantes del territorio muestran unos porcentajes algo mayores para aquellos adjetivos que señalan en primer lugar, tales como agradable, bonito y maravilloso en relación a los criterios de preferencia de los visitantes. Este resultado está relacionado con la “topofilia” como señalábamos anteriormente.

Tabla 2. Criterios en los que han basado sus preferencias paisajísticas los colectivos de usuarios del territorio (porcentajes de las respuestas).

Criterio	L y J	E
agradable	21	16
bonito	20	14
maravilloso	19	10
tranquilo	18	22
armónico	11	16
sugestivo	6	8
agresivo	2	0

3. Percepción del estado de conservación del paisaje por parte de los usuarios del territorio. Después de la interpretación del paisaje en la provincia de Pedernales desde una visión ecológica y no solamente geológica, geográfica o botánica, a los dos colectivos residentes en este territorio, se pasó un cuestionario personal diseñado por nosotros para que nos aportaran la información acerca de cómo percibían ellos diferentes aspectos relacionados con la conservación de este paisaje. Se muestra en las tablas 3, 4, 5, 6 y 7 los principales resultados obtenidos.

En primer lugar, llama la atención lo poco visitado de los parajes y/o unidades del paisaje en la provincia por parte de sus usuarios (tabla 3), así como la existencia de

bastante homogeneidad entre los dos colectivos en relación a la percepción de la conservación del paisaje. Alrededor de un 40% de las personas dicen que está poco conservado. Nos parece que es un alto porcentaje para tratarse de un territorio en una Reserva de la Biosfera, ya que deben ser primordiales las actividades de conservación. En la tabla 7 se han constatado solamente las propuestas que los participantes han señalado con frecuencias más altas en relación al desarrollo sostenible de la provincia de Pedernales. Es un hecho que estos dos colectivos, formados por agricultores, maestros de la provincia y estudiantes del Liceo de Pedernales, están recibiendo con mucha asiduidad charlas relacionadas con el desarrollo sostenible de esta provincia, de ahí los altos valores que resultan para el ecoturismo. Así se confirma al ser preguntados si habían oído hablar del concepto *desarrollo sostenible*, ya que casi un 70% de cada colectivo respondió afirmativamente, aunque la totalidad pide que se realicen cursos para conocer esta temática, por no saber de ella y considerar que la educación es el factor clave para hacer posible la sustentabilidad.

Tabla 3. Respuestas (%) en relación a la percepción directa de la escena natural (percepción visual del paisaje del territorio) por parte de los dos colectivos usuarios del territorio.

Percepción directa	L	E
Nunca	3	6
Poco frecuente	64	63
Frecuente	33	31

Tabla 4. Respuestas obtenidas (%) por los dos colectivos de usuarios en relación al estado de conservación del paisaje.

Estado de conservación	L	E
Muy deteriorado	0	7
Poco conservado	47	36
Conservado	43	43
Muy conservado	10	14

Sorprende que la contaminación haya sido señalada casi por igual a la deforestación en esta zona dominicana, ya que suele hablarse, por lo general, de la segunda y no de la primera (tabla 4). También, nos ha llamado la atención al valor que dan a la aplicación de las leyes ambientales como medida de preservar la conservación del paisaje (tabla 6), por encima, incluso de la capacitación que demandan a la hora de cumplir con esta actividad de conservación.

4 Posibilidades para la escuela de una percepción indirecta del paisaje.

De acuerdo con González Bernáldez, (1981), la parte fácilmente perceptible del entorno natural es el paisaje. El poder proporcionar las bases de una educación centrada en el autodescubrimiento del entorno, de las raíces culturales y de la propia identidad, facilitará:

- a) la conexión entre la ciencia y el aprendizaje académico convencional y las vivencias inmediatas en la esfera de intereses y el entorno próximo, y
- b) el fomento de actividades positivas, favorables a la conservación de la naturaleza y sus recursos (racionalización del uso, programas para el desarrollo sostenible, etc.)

Tabla 5. Principales actividades que afectan a la conservación del paisaje de la provincia de Pedernales según los dos colectivos de usuarios del territorio .

Deforestación	36.7	45.2	No llegan al 5 % de señaladas
Contaminación de suelos y ríos	30.0	31.0	Falta de agua
Tala y quema de árboles	13.3	9.5	Falta de empleo
Extracción de minerales de playas y ríos	10.0	9.5	Producción de carbón
Contaminación por basura	6.7	9.5	Extinción de especies
Explotación del suelo	6.7	9.5	Conflictos en áreas protegidas
Falta de conocimientos	6.7	4.8	Incendios forestales
Malas prácticas agrícolas	6.7	2.4	Incumplimiento leyes
Poco interés por los recursos naturales	3.3	7.1	Uso de Pesticidas
			Caza ilegal

Tabla 6. Jerarquización de las medidas que los usuarios dicen para la conservación y recuperación del paisaje.

Reforestación	36.7	48.0	Otras propuestas de < frecuencia
Aplicación de las leyes	33.3	9.5	Crear voluntariados ambientales
Capacitación	10.0	7.1	Regular la actividad de extracción minera
Conservación de las especies	10.0	9.5	No usar pesticidas para la agricultura
No talar el bosque	10.0	2.4	No explotar el suelo
Gestionar la basura	7.1	2.4	Medidas de prevención
Realizar proyectos de conservación	6.7	4.8	Crear empleos para ello
Construcción de viveros	6	4.8	Eliminar contaminación

Tabla 7. Propuestas para el desarrollo sostenible de la provincia de Pedernales y su distribución (%) en orden de importancia según los usuarios del territorio.

ALTERNATIVAS	L	J
Agricultura	76,8	71,4
Ecoturismo	73,2	73,8
Ganadería	66,7	73,8
Pesca	66,6	73,1
Industria forestal	50,0	54,8
Industria lácteas	36,7	38,1
Otras industrias	26,8	16,7
Explotación piedras preciosas	26,7	31,0
Explotación de bauxita	23,8	21,4
Explotación de caliza	22,1	11,9

Somos conscientes de que para la inmensa mayoría de las escuelas públicas del país dominicano, no es posible la percepción directa del paisaje, pero siempre será viable el

mostrarlo mediante fotografías siempre y cuando vayan acompañadas de una interpretación de las mismas. De ahí, que juzguemos muy positivamente el poder contar con “itinerarios ecológicos virtuales”.

Conclusiones

Mediante una sistematización de las preferencias paisajísticas del territorio que muestran usuarios y visitantes dominicanos en relación al paisaje de la Reserva de la Biosfera en este país, en que la provincia de Pedernales resulta ser emblemática de la misma, mostramos la discusión científica de los resultados obtenidos mediante la aplicación de métodos que valoran la percepción no directa del paisaje. Los usos de la tierra que conforman las unidades paisajísticas más características de esta Reserva, deben tenerse en cuenta a la hora de diseñar los itinerarios para la percepción directa de la escena natural en la misma, y no solamente aspectos geológicos, geográficos, ornitológicos o botánicos, con el fin de que el paisaje pueda ser percibido y valorado.

Es relevante dar importancia a la dimensión afectiva de un entorno para aquellos colectivos humanos que son usuarios directos del mismo. Conocer pues cuales son los contextos y las imágenes, representaciones y valoraciones del paisaje rural como recurso natural, no solo es una tarea imprescindible dentro del diseño de cualquier política pública ambiental, sino también educativa.

La metodología empleada puede ser apropiada para otros colectivos sean o no usuarios del territorio que ocupa la Reserva *Jaragua-Bahoruco-Enriquillo*, con el fin de comprender mejor la importancia de sus preferencias de paisaje en relación en la conservación de este recurso natural.

Es necesario contar con la opinión de los principales usuarios del territorio a la hora de pretender una conservación y manejo ecológico del paisaje como recurso natural. Por otra parte, reconocemos que los mismos, incluyendo a los habitantes y a los visitantes, tienen derecho a una educación ambiental contextualizada y no tipo generalista.

Por otra parte, una percepción indirecta del paisaje más emblemático del entorno donde está ubicada la escuela, así como de su correspondiente interpretación, es considerada idónea tanto para los escolares como para la comunidad educativa, privados en la práctica generalmente de realizar itinerarios ecológicos para la percepción directa del paisaje.

Agradecimientos: Al Proyecto 1.2-046/2005/3-B financiado por el Ministerio Medio Ambiente de España, así como al apoyo logístico del Centro Cultural Poveda de Santo Domingo.

Referencias bibliográficas

- Alexis, S.; Pastor, J.; González, R. y Hernández, A. J. 2005. Ecología y desarrollo local en la provincia de Pedernales (República Dominicana): protocolo seguido para la sostenibilidad. *Congreso Iberoamericano de Ecología y Sostenibilidad Urbana*. Documento pdf. Fundación Fundicotex, España.
- Aronson, J.; Ovalle, C. y Avendaño, J. 1993. Ecological and economic rehabilitation of degraded espinales in the subhumid mediterranean-climate region of central Chile. *Landscape and Urban Planning*, 24: 15-21.
- Centro Cultural Poveda, 2006. *Plan estratégico para el desarrollo humano integral de la provincia de Pedernales 2007-2017*. Editorial Centro Cultural Poveda, Santo Domingo.
- Coraliza, J.A. 1987. *La experiencia del ambiente. Percepción y significado del medio construido*. Ed. Tecnos, España.

- Fuentes, E. 1994. *¿Qué futuro tienen nuestros bosques?. Hacia la gestión sostenible del paisaje del centro y sur de Chile*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
- García Asensio, J. M^a. y Cañas, I. 2001. La valoración del paisaje. En: *Gestión sostenible de paisajes rurales*. F Ayuga (coord.). Fundación Alfonso Martín Escudero, España: 33-51.
- Gibson, J.J. 1979. *The Ecological Approach to Visual Perception*. Houghton Mifflin Company, Boston, USA.
- Gil, E. 2004. *La percepción social de los problemas ambientales en Andalucía*. Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente, España.
- González Bernáldez, F. 1981. *Ecología del paisaje*. Ed. Blume
- González-Bernaldez, F. y Gallardo, D. 1989. Determinación de los factores que intervienen en las preferencias paisajistas. *Arbor*, CXXXIII: 15-44.
- Hernández, A. J. y Pastor, J. 1991. *El aprendizaje perceptual del entorno*. Ed. Servicio de Publicaciones, Universidad de Alcalá, Madrid.
- Hernández, A. J.; Pastor, J.; Jiménez, C. & Sánchez, A. 1993. Cultural contributions as a complement to economic incentives for people involved sustainable development projects in rural areas. *Landscape and Urban Planning*, 27: 231-236.
- Hernández, A.J.; Pastor, J.; Adarve, M^a J.; Jiménez, C.; Sánchez, A.; Mínguez, A. y González, J. 1994. *El Paisaje de la Alcarria Conquense en su reconsideración histórica y actual. Propuestas para futuros programas de desarrollo en el marco ecológico*. Contribución al Proyecto LEADER para la Alcarria conquense. Memoria Informe del Proyecto de Investigación.
- Hernández, A.J. and Jiménez, C. 1999. The sustainability of a rural system through the integration of ecological, economical and social indicators. L. Ferrer et al. (eds.). *4th Systems Science European Congress*. Diputación de Valencia: 1061-1068.
- Hernández, A. J.; Mínguez, A.; Alexis, S. y Jiménez, C. 2006. Procedimientos empleados con escolares y agricultores de Castilla La Mancha en base a diseñar programas de educación para la sostenibilidad. En: *Ciudades Sostenibles*. Ed.CCLM, España.
- Lubchenco et al. 1991. The sustainable biosphere initiative an ecological research agenda. *Ecology*, 72: 371-412.
- Kline, J.Y. and Wechelns, D.1998. Measuring heterogeneous preferences for preserving farmland and open spaces. *Ecological Economics*, 26:211-224.
- Mazzotti, F. and Morgenstern, C. 1997. A Scientific framework for managing urban natural areas. *Landscape and Urban Planning*, 38: 171-181.
- Santana, G. 2004. *La Reserva de la Biosfera en República Dominicana*. Subsecretaría de Áreas protegidas y Biodiversidad.
- Soriano, M. 1991. Evaluación-Intervención Ambiental: Tres investigaciones aplicadas. En: *Psicología Ambiental: Intervención y Evaluación del Entorno*. Ed. Arquetipo-Junta de Andalucía: 533-536.
- Tolentino, L. y Peña, M^a. 1998. Inventario de la vegetación y uso de la tierra en República Dominicana. *Moscoso*, 10: 179-203.
- UNESCO, 2005. *Década por una Educación para la Sostenibilidad*. UNESCO, 2005. <http://oei.es/decada/compromiso.htm>

CAPÍTULO VIII

GESTIÓN SOSTENIBLE DEL TERRITORIO DE PEDERNALES ARTICULADA CON LOS SERVICIOS DE SUS ECOSISTEMAS TERRESTRES



1. PRESENTACIÓN DEL CAPÍTULO

En este capítulo se presenta tres tipos de líneas estratégicas que, deducidas de los resultados expuestos en los capítulos anteriores, pensamos pueden contribuir a un desarrollo sostenible en la zona de estudio. Estos tipos de estrategias quedan articuladas con los servicios aportados por sus ecosistemas terrestres.

En primer lugar, con los “servicios de base”, necesarios para la producción de los demás servicios de los ecosistemas, como son el tener en cuenta los suelos, los ciclos de nutrientes y la producción de materias primas. Así en el primer artículo, utilizando las herramientas SIG se pueden contemplar estos servicios y no planificar sin tener en cuenta los suelos de los mismos, atendiendo únicamente a modas de mercado o a la falta de conocimientos que hoy son requeridos para una gestión sostenible de territorios y áreas comprendidos en una reserva de la biosfera. En el momento actual este artículo ha sido enviado para presentarlo a finales de este año en el IV Congreso Iberoamericano de Agricultura Orgánica.

Sin duda los grandes recursos naturales del territorio lo constituyen los bosques, manglares y humedales salobres. La conservación de los mismos garantiza cualquier otro servicio, no solo por los productos que suministran, o por la regulación de procesos ecológicos que han garantizado la estabilidad y buena conservación de los mismos. No obstante, como hemos podido mostrar, las actividades extractivas de materias primas (bauxita, por ejemplo), o la tala y quema de esos bosques, conlleva una situación de desajuste de los metales de origen litogénico en la capa superficial edáfica a la que se debe hacer frente. Por ello se plantea el segundo trabajo incluido en este capítulo, enmarcado en los principios de la restauración ecológica. Ha sido enviado un abstract a *The Third International Meeting on Environmental Biotechnology and Engineering (3IMEBE)*, que se celebrará el próximo mes de Septiembre en Palma de Mallorca.

Los servicios culturales de los ecosistemas son numerosos y, unido al reclamo de una de las funciones intrínsecas de una reserva de la biosfera, como es la educación ambiental. Nosotros hemos contribuido en gran manera a diseñar cuatro itinerarios ecológicos en el territorio de estudio en un libro que en la actualidad se encuentra en prensa en la República Dominicana. El principal objetivo del mismo estriba esencialmente en divulgar los conocimientos adquiridos mediante la investigación presentada en esta tesis.

Finalmente, hemos querido reflejar de forma conjunta algunas reflexiones en relación a las estrategias para el desarrollo sostenible en el área de estudio, con la idea de poder contribuir a rediseñar programas en esta línea.

3. PROTOCOLO METODOLÓGICO PARA LA ELABORACIÓN DE MODELOS DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL: HERRAMIENTA SIG INTEGRANDO INFORMACIÓN EDÁFICA Y APLICACIÓN A SISTEMAS DE CULTIVO EN PEDERNALES (REPÚBLICA DOMINICANA)

Resumen

Estudios recientes realizados en torno a la Reserva de la Biosfera *Jaragua-Bahoruco-Enriquillo*, en la República Dominicana y Haití, muestran que existe un nivel elevado de metales pesados en los suelos de este territorio. Resulta difícil integrar estos estudios del suelo en los procedimientos de planificación territorial, porque afectan a territorios extensos y se tienen que incorporar modelos con muchas variables. Por ello, hemos desarrollado una herramienta SIG de integración de datos de suelos para los procesos de planificación, y lo hemos aplicado a las áreas de cultivo de las habichuelas y del café en la región descrita, con el fin de demostrar su utilidad en la planificación sostenible de dichos cultivos. Esta herramienta SIG utiliza modelos ráster, basados en operaciones de combinación y reclasificación, que interactúan con los análisis estadísticos. El modelo diseñado incorpora información cuantitativa de la capa superficial edáfica de los suelos a la planificación SIG de ambos tipos de cultivo, mediante el uso de la estadística multivariante para modelizar la fertilidad, que se integra con factores limitantes intrínsecos al territorio (precipitaciones, temperaturas, pendientes y variables edáficas) y factores excluyentes intrínsecos al proceso planificador (metales pesados y figuras de protección natural). La herramienta SIG obtenida utiliza un modelo abierto, que puede incorporar nueva información de suelos y otros componentes de los agroecosistemas y su metodología es sólida porque discrimina con claridad las situaciones extremas dentro del proceso planificador. Esta herramienta SIG se puede extrapolar a otros usos del suelo y a otros ecosistemas tropicales de las islas del Caribe y Centro América.

Palabras clave: modelos geoestadísticos, cartografía digital, agroecosistemas, desarrollo sostenible.

Introducción

En trabajos anteriores se ha puesto de manifiesto que en los ecosistemas tropicales de la Reserva de la Biosfera *Jaragua-Bahoruco-Enriquillo* (República Dominicana), la capa superficial de los suelos muestran niveles altos de metales pesados, debido esencialmente a procesos geoedáficos como consecuencia de las diferentes litologías y del clima donde se ubican, (Hernández *et al.*, 2006; Hernández *et al.*, 2007). Las prácticas de tala y quema asociadas a una agricultura trashumante, así como la presión de la agricultura intensiva, la ganadería y las actividades extractivas (bauxita y caliza), están contribuyendo al impacto de dichos metales sobre los agroecosistemas en la provincia de Pedernales, toda ella encuadrada en dicha reserva de la biosfera (Alexis *et al.*, 2007).

Recientes publicaciones relativas a los planes de ordenación de los recursos naturales en la provincia de Pedernales, no recogen estudios edáficos desarrollados sobre la base de nuevos análisis de suelos, sino que aluden a los realizados por la OEA en 1967 para el país dominicano (Cámara, 1997 y 2006; ONOPLAN y AECI, 2003). Tampoco se proponen modelos ni herramientas SIG (sistemas de información

geográfica) aplicadas a la planificación territorial para el desarrollo en esta zona, que permitan integrar las variables y características del suelo en los usos sostenibles del territorio. Por lo tanto, existe la necesidad de integrar los conocimientos que estamos teniendo respecto a los suelos, con los estudios y modelos de planificación que la cooperación internacional y el estado dominicano están desarrollando para las áreas rurales ubicadas en la frontera sur de la República Dominicana con Haití.

El diseño de una herramienta SIG adecuada que permita obtener modelos de planificación de la agricultura de subsistencia actual y de nuevos programas agrícolas, integrando los datos de los suelos del territorio de estudio, favorecería un desarrollo más sostenible en esta reserva de la biosfera. En base a esta hipótesis, el objetivo del presente trabajo se centra en diseñar una herramienta SIG que integre datos cuantitativos del suelo para la toma de decisiones acerca de los usos del mismo en dicho territorio, y que su protocolo metodológico se pueda aplicar a otros procedimientos de planificación territorial sostenible en otras zonas rurales de las islas del Caribe y de América Central.

Materiales y métodos

Área de estudio

El área de estudio se ubica en la zona más meridional de la frontera entre la República Dominicana y Haití, y comprende a la provincia dominicana de Pedernales y a la cuenca del Río Pedernales en el término municipal de Anse-Á-Pitre (República de Haití). Esta zona se localiza entre los paralelos 17° 30' - 18° 20' de latitud N y los meridianos 71° 15' - 71° 48' de longitud W. Se trata de una región de carácter rural, que incluye las tres cuartas partes de la Reserva de la Biosfera *Jaragua-Bahoruco-Enriquillo* y alberga casi todos los ecosistemas forestales tropicales, así como los usos de la tierra más comunes de la República Dominicana y Haití. La región incluye zonas rurales extremadamente pobres (Alexis et al., 2004). Estas y otras características han impulsado el protocolo metodológico que empleamos en los modelos de planificación.

En este área se han seleccionado inicialmente los agroecosistemas que albergan dos de los cultivos más representativos: el cultivo de café, que tiene importancia en la economía global de la región, y el cultivo de las habichuelas (*Phaseolus vulgaris* L.), cuya incidencia tiene lugar a escala familiar en el marco de la agricultura de subsistencia existente, debido a ser un componente fundamental de la dieta por sus cualidades nutricionales. Se ha aplicado el modelo generado mediante un SIG a la planificación de dichos cultivos.

Variables medioambientales

Los mapas de suelos y los modelos SIG se han basado en el análisis previo de 80 muestras de la capa superficial edáfica (0-20 cm de profundidad), seleccionadas al azar, dentro de cada uno de los ecosistemas presentes a lo largo de un transecto, que va desde los 5 a los 1.300 m sobre el nivel del mar. En las localidades de muestreo están representadas las principales unidades de paisaje y de usos del suelo existentes en la provincia y cuenca del Pedernales, siguiendo la nomenclatura expuesta en Tolentino y Peña, (1998). Los parámetros que se han analizado en las muestras de suelo han sido: pH en agua, materia orgánica (M.O.), elementos principales ligados a la fertilidad (N, P₂O₅, K) y niveles disponibles de Ca, Mg, Na, Mn, Fe, Zn. Además, se han determinado los niveles totales de Cd, al ser el metal pesado más frecuente, en niveles dañino para la salud, en las primera muestras de suelos analizadas (Hernández et al., 2007). Los análisis de suelos se realizaron según los procedimientos expuestos en Hernández y Pastor (1989).

En la zona de estudio se ha realizado también un inventario de cultivos y puntos geográficos de interés utilizando receptores GPS. Además, a partir de las hojas topográficas 5870-II y 5870-III de la serie E733 a escala 1:50.000 del Instituto Cartografico Militar de la Marina de Guerra de la Republica Dominicana, se han digitalizado las curvas de nivel de 20 m de equidistancia, utilizando el software Microstation versión 8. Esta información se ha representado en soportes SIG ArcGIS 9.1 y ArcView 3.3, constituyendo la base en los modelos de planificación. En ArcGIS se ha generado un modelo digital de elevaciones (MDE) con una resolución inicial de 20 m de píxel, que posteriormente ha permitido obtener un mapa de pendientes.

Bases cartográficas y software utilizado

Las localidades muestreadas fueron agrupadas en primer lugar según los sectores establecidos para la Reserva de la Biosfera por ONOPLAN y AECI (2003), utilizándose, además el informe técnico de recursos naturales de la FAO (1973) y del inventario de los bosques de la región Suroeste del país realizado por INDESUR/GTZ (1994).

Otros materiales cartográficos empleados han sido: el mapa digital de vegetación y usos (1:300.000) (SEMAN, 2004) y los mapas digitales de isolíneas de precipitación media anual y temperatura media anual (1:50.000) (SEA, 1984; ONOPLAN y AECI, 2003). En ArcGIS se han interpolado las isolíneas de estos mapas climáticos para generar capas ráster de precipitaciones y temperaturas medias anuales. Además se han utilizado ortofotos digitales a escala 1:30.000 del vuelo DRB, administrado por el Intituto Geografico Universitario, y la utilización de estereoscopio para comprobar la localización de cultivos y unidades del mapa de vegetación y usos.

Los mapas y modelos SIG utilizados han seguido los siguientes formatos cartográficos: proyección UTM, que está recomendada por la Agencia Europea de Medio Ambiente-Eurographics para cartografías que implican extensiones medias del territorio (Geodäsie *et al.*, 2004). El Sistema de Referencia Terrestre Datum utilizado ha sido el WGS84. Por razones operativas de procedimiento, los formatos digitales elegidos para los mapas han sido ESRI Shapefile para los datos vectoriales y ESRI Grid para las capas ráster. Teniendo en cuenta la precisión de la cartografía de partida, el número de muestras de suelo utilizados, y el tipo de procedimientos de planificación territorial en los cuales se podría incorporar la herramienta SIG de suelos, el umbral de precisión utilizado se ha establecido en 100 m RMS (Root mean square error) y la unidad cartográfica mínima o píxel seleccionada ha sido de 1 ha.

La selección de un píxel de 100 m de resolución ha permitido generar una herramienta SIG de suelos con una precisión moderada, para que los conocimientos adquiridos a través de un número limitado de análisis de suelos se puedan integrar en los procesos de planificación territorial en tiempo real. Si se hubiesen realizado más estudios de suelos y se hubiese empleado una resolución mayor en los mapas del modelo, se habría obtenido un gran volumen de información que habría sido más apropiado para un análisis ambiental de escala más detallada, como un estudio de un proyecto impacto ambiental.

Tratamientos estadísticos

Los tratamientos estadísticos de los datos numéricos asociados a los modelos han sido realizados con el programa Statistica v.6 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, 1999). En los casos en que ha sido necesario, las variables utilizadas han sido transformadas para cumplir los prerrequisitos de los tratamientos estadísticos paramétricos. La normalidad de las variables ha sido comprobada utilizando los tests de Lilliefors y Kolmogorov-

Smirnov, y la homogeneidad de las varianzas ha sido verificada mediante el test de Levene.

Los resultados estadísticos obtenidos en los tratamientos de datos numéricos se han integrado en los modelos y operaciones SIG ráster. Como paso intermedio en estas integraciones, se ha utilizado el programa de hoja de cálculo Excel con formato Data Base IV.

Resultados y discusión

1. Consideraciones respecto a las proposiciones de partida.

El objetivo de este trabajo se enmarca dentro de tres ideas clave: modelos efectivos de planificación, herramientas de evaluación de la fertilidad y contaminación del suelo; y sistemas de información geográfica (SIG). Este objetivo general se apoya en seis cuestiones más específicas:

I.- La herramienta de integración del suelo en los modelos de planificación requiere protocolos y metodologías simples, que permitan aplicaciones rápidas y efectivas. La rapidez es una característica esencial porque se trata de procesos de planificación en áreas que necesitan actuaciones urgentes debido a la precariedad de su población, la amenaza que supone la contaminación de los suelos para la salud pública, y los riesgos ambientales que experimentan sus zonas naturales protegidas.

II.- La herramienta de integración del suelo en la planificación debe desarrollarse en un SIG, con el objetivo de localizar y clasificar espacialmente aquellas variables edáficas que deben ser incorporadas a los procesos de toma de decisiones de los usos del territorio.

III.- La herramienta SIG con integración del suelo en la planificación se enmarcará en el concepto de “capacidad del suelo”, que es un factor de gran importancia en los procesos de planificación territorial. La capacidad es la condición actual intrínseca de un elemento del medio para acoger una actividad o un uso. En este sentido, la “capacidad agrológica” es la adecuación que presentan los suelos a determinados usos agrarios específicos (Ramos, 1979; MMA, 2000; García-Montero *et al.*, 2003).

IV.- La herramienta SIG del suelo requiere una metodología robusta que distinga claramente situaciones extremas, y clasifique el territorio en áreas con baja y alta capacidad agrológica del suelo, y con presencia/ausencia de factores limitantes o excluyentes para los cultivos.

V.- La herramienta SIG del suelo debe desarrollarse utilizando como base estudios y análisis previos de los suelos, así como la información ambiental que esté disponible. Esta información debe ser susceptible de incorporarse a formatos digitales, para integrarse de forma directa en los modelos SIG. La información ambiental, los procedimientos analíticos y los resultados de los modelos, deben estar resueltos en una escala y detalle apropiados para el nivel de toma de decisiones y planificación territorial requeridos.

VI.- La herramienta SIG de integración del suelo en la planificación se enmarcará también en el concepto de “planificación física”, que significa el estudio racional del diagnóstico, predicción, evaluación y definición de soluciones aplicados a unos recursos territoriales con expresión espacial, como son los elementos del medio físico (Ramos, 1979; MMA, 2000). Por lo tanto, la etapa final del proceso consistirá en el diseño de un modelo SIG que sea abierto; es decir, que permita la incorporación de

nuevas variables del suelo y nueva información ambiental, en el marco de sucesivos procedimientos de planificación territorial.

2. Modelo para el territorio

El áreas donde se ha realizado un modelo digital en base al cual se diseña la herramienta SIG del suelo, ocupa un territorio de 161.867 ha y sus modelos integran 64 capas cartográficas. Este gran volumen de información dificulta las operaciones SIG de tipo vectorial. Por lo tanto, un objetivo adicional es verificar la eficiencia de los modelos SIG tipo ráster, basados en sucesivas operaciones de “combinación y reclasificación” de los mapas ráster, y en tratamientos estadísticos y geoestadísticos complementarios, siguiendo las propuestas de García-Montero *et al.* (2003, 2007, 2008).

Se ha comprobado que los modelos SIG ráster utilizados, han operado sin dificultad en un ordenador PC convencional, procesando enormes cantidades de información dentro de operaciones de combinación y reclasificación, e intercambiando sin problemas esta información con modelos lógicos y tratamientos estadísticos externos al SIG. Una de las ventajas del uso de los modelos SIG ráster es que los procesos y cálculos SIG pueden realizarse usando operaciones matemáticas con matrices numéricas, sin la necesidad de visualizar cada uno de los pasos intermedios en los mapas. Además, las escalas de los capas ráster permanecen siempre asociadas al tamaño del píxel, por lo que la herramienta de visualización “zoom” del SIG puede utilizarse, sin modificar la escala ni distorsionar el nivel de detalle de los mapas. Esto significa que los mapas y modelos pueden ser vistos y corregidos durante todo el proceso, como describen García-Montero *et al.* (2007; 2008).

Los últimos autores citados proponen modelos SIG basados en sucesivas operaciones de combinación y reclasificación aplicados a mapas ráster, que permiten la integración y las operaciones lógicas con numerosas capas ráster, que pueden tener más de 50 millones de píxeles cada una. Estas aplicaciones de los modelos SIG ráster se pueden desarrollar en ordenadores PC convencionales con software SIG de capacidad moderada, como el programa ESRI ArcView 3.3. En el presente proyecto se ha utilizado ArcView para correr los modelos SIG ráster, y el programa ArcGIS para las operaciones de proyecciones, transformaciones y tratamientos geoestadísticos aplicados a la cartografía.

3. Descripción de la herramienta GIS

En relación a los modelos y operaciones lógicas aplicadas para generar una herramienta SIG que integre el suelo en la planificación territorial diremos, en primer lugar, que se han utilizado operaciones SIG ráster para integrar el estudio del suelo en un procedimiento que ha clasificado los píxeles del territorio con mayor capacidad para acoger dos cultivos con importancia socioeconómica en el territorio de Pedernales, y diferenciarlos frente a los píxeles con menor capacidad, y frente a los píxeles con figuras de protección natural y/o niveles de metales inaceptables para la agricultura. La metodología aplicada para lograr esta clasificación territorial se ha basado en los procedimientos de Ramos (1979), MMA (2000) y García-Montero *et al.* (2003, 2007, 2008), que definen y aplican los conceptos de “capacidad, factores limitantes y excluyentes, calidad, impacto, y otros” en los modelos de planificación territorial. Estas metodologías están basadas en modelos que comparan las unidades territoriales entre sí, en función de los atributos o variables bióticas y abióticas existentes en cada una de ellas.

Se ha diseñado una herramienta SIG que ha integrado el estudio del suelo en los procedimientos de planificación básica de los cultivos de habichuelas y café en la zona de estudio, a través de sendos modelos que constan de 5 etapas metodológicas, que se describen a continuación.

Etapa 1. Inventario digital en la zona de estudio. Esta primera etapa ha consistido en la realización de un inventario digital de una muestra representativa de los cultivos de habichuelas y café existentes en la zona de estudio. Para ello se han georeferenciado 32 cultivos de habichuelas con un total de 311 ha, y 44 cultivos de café con un total de 413 ha. Estas muestras de cultivos se han incorporado al mapa ráster de vegetación y usos citado anteriormente.

En este inventario de cultivos de habichuelas y café no se ha podido disponer de datos productivos y además, se han tenido que resolver varias dificultades metodológicas: la carencia de datos oficiales sobre estas actividades; la carencia de registros de la propiedad y catastros sobre la tierra en explotación; la carencia de contabilidad económica y datos de producción de los cultivos; y la incapacidad o falta de interés de los propietarios en transferir información sobre sus cultivos. La mayoría de estos problemas están vinculados a los elevados niveles de pobreza y de bajo nivel educativo de la población rural de la zona (PNUD, 2005; Alexis *et al.*, 2004; Alexis, 2007). Estas limitaciones se repiten en otras áreas rurales deprimidas de las islas del Caribe y de América Central, por lo que van a condicionar el diseño de los modelos de planificación territorial en dichas áreas.

La segunda parte del inventario digital ha consistido en la aplicación de tratamientos geostatísticos en el programa ArcGIS para generar cartografías temáticas de suelos. Para ello se ha partido de los datos analizados en las cercas 80 de muestras de suelos descritas. Previamente se ha aplicado un procedimiento de selección al azar de 40 muestras de suelos, obtenidas de la población total de muestras. A continuación se han aplicado tratamientos de interpolación kriging a cada una de las variables de los 40 suelos seleccionados, para obtener las correspondientes capas ráster de pH, MO, N, C/N, P₂O₅, niveles disponibles de K, Mg, Ca, Fe, Mn, Zn, y niveles totales de Cd (figura 1). Todos los mapas ráster han sido validados posteriormente, utilizando los datos de las otras 39 muestras de suelo que no habían sido utilizadas en la interpolación kriging.

Tabla 1. Modelos ajustados a los semivariogramas experimentales utilizados en los tratamientos kriging para generar la cartografía temática de suelos.

Variabes	Modelo	Nugget	Sill	Rango	Nugget/Sill
M.O	Gaussiano	24.725	3.820	25427	6472.85
K	Esférico	0.7056	1.281	54755	0.55
P ₂ O ₅	Exponencial	0.0217	1.704	11648	0.01
N	Gaussiano	0.0256	0.016	10957	1.59
Ca	Gaussiano	0.6594	1.173	20172	0.56
Mg	Gaussiano	0.8793	0.945	9937	0.93
Mn	Gaussiano	17.444	1.970	5469	8854.37
Fe	Esférico	1.780	0.348	8415	5122.30
Zn	Esférico	0.6466	0.320	54755	2.02
Cd	Esférico	0.3949	0.962	16230	0.41

En geostatística, los patrones espaciales son usualmente descritos en términos de similitud entre observaciones, como una función de la distancia de separación. Este tipo de función se denomina semivariograma, el cual se utiliza para buscar el mejor

ajuste y obtener los parámetros necesarios (Nugget, Sill y Range) para elaborar la interpolación kriging. La construcción del semivariograma experimental se ha realizado siguiendo los procedimientos de Moncayo et al., (2004) y Rodríguez Martín (2006). Se ha utilizado un intervalo de distancia entre 1.180 m hasta 4.619 m (*lag size*), con una tolerancia en la distancia de ± 6 m y una tolerancia en la dirección ± 45 grados. El número de intervalos en que se han agrupado las distancias han sido 12. Los modelos teóricos utilizados en los semivariogramas se presentan en la tabla 1. En estos modelos se ha asumido la condición de isotropía, debido a que el número de datos era menor de 100.

Figura 1a: Grids de distribución de la concentración del pH las variables de fertilidad a partir de Kriging Ordinario como método de interpretación.

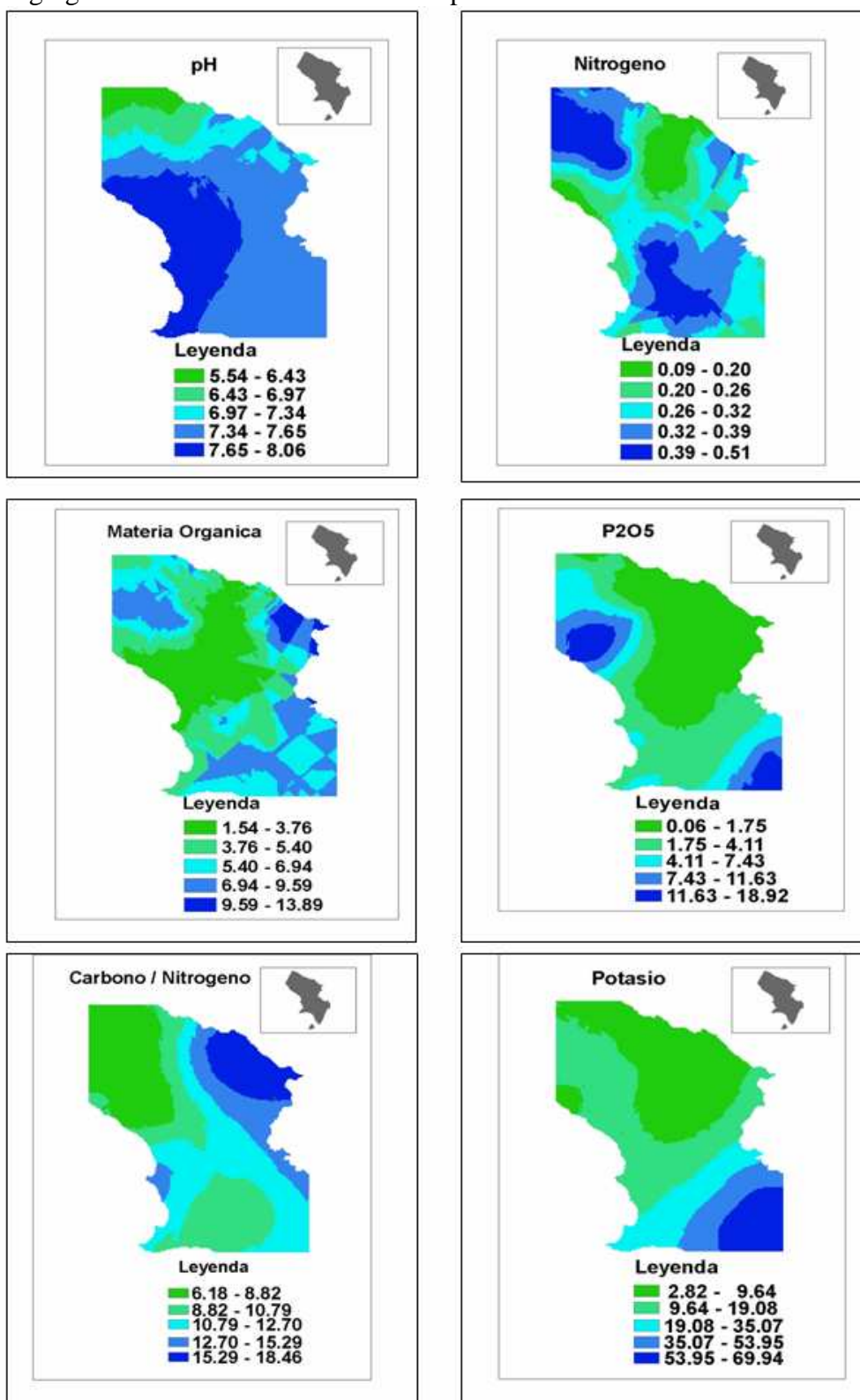
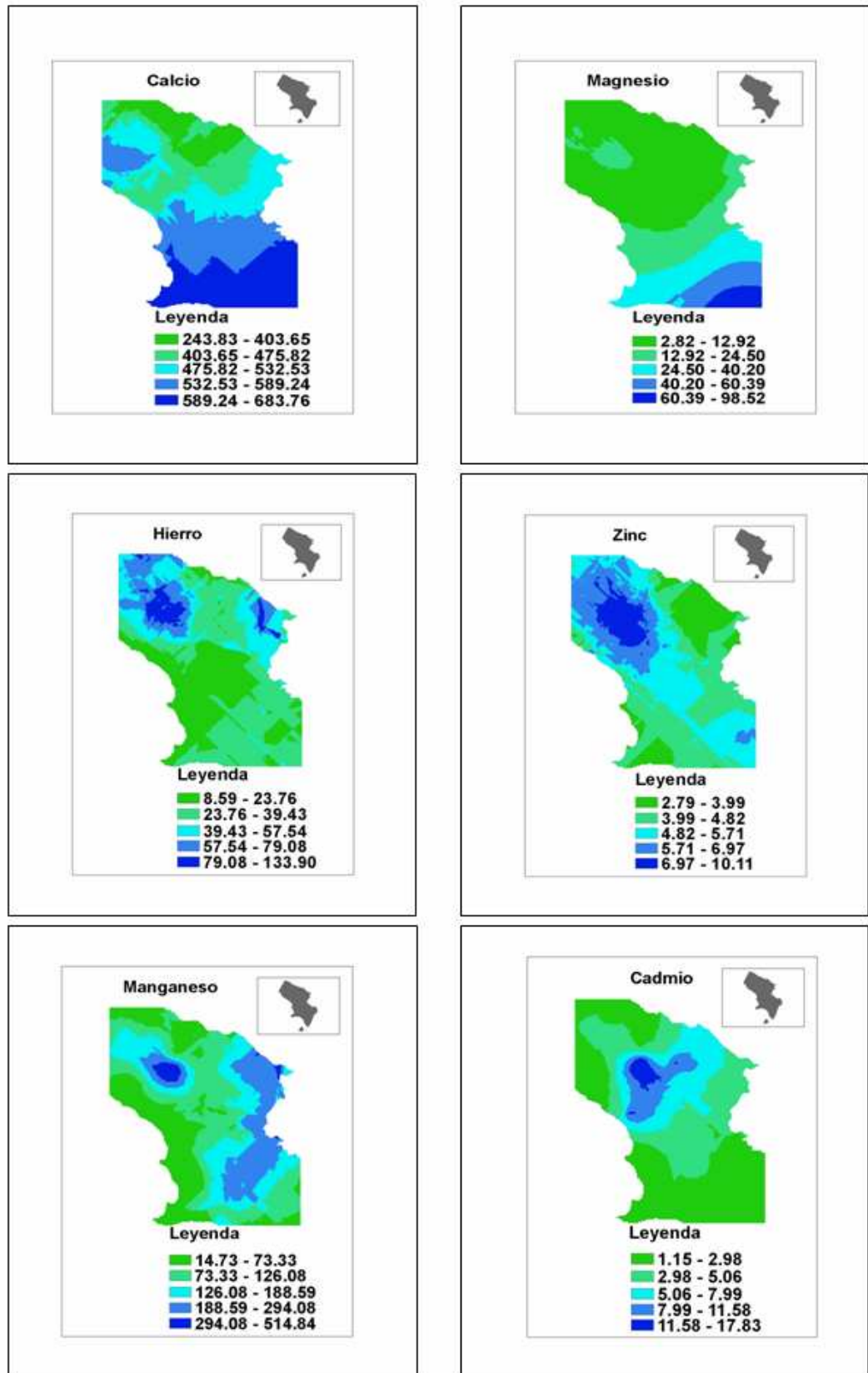


Figura 1-b: Grids de distribución de la concentración de otros variables de fertilidad y del Cd a partir de Kriging Ordinario como método de interpretación.



Etapa 2. Simulación de una capa ráster sintética de fertilidad basada en estadística multivariante. Varios autores han mostrado que los procedimientos estadísticos aplicados al suelo constituyen una herramienta valiosa en los procedimientos de planificación de determinados cultivos en áreas concretas de estudio (Trangmar, 1985; De León, 1999; Henríquez *et al.*, 2005; Medina *et al.*, 2007). El uso de la estadística multivariante podría simular empíricamente una cartografía sintética de fertilidad, que por razones prácticas de operatividad, se incorporaría en los modelos de planificación territorial de nuestra área de estudio. El concepto de fertilidad hace referencia a la calidad del suelo provisto de sus propios nutrientes en cantidad y proporción adecuados para el crecimiento y cultivo de las plantas (Ramos, 1979).

La siguiente etapa de nuestro modelo ha consistido en la aplicación de un tratamiento estadístico multivariante a los datos de las casi 80 muestras de suelo descritas. Se ha utilizado un análisis de componentes principales (PCA), con el fin de generar patrones sintéticos de variación de las variables edáficas que estarían potencialmente asociadas con la producción de habichuelas y café. Con este propósito, en el PCA se han utilizado las variables que tienen más relación con la fertilidad: MO, N, P₂O₅ y niveles cambiables de K, Ca, Mg y pseudototales Fe, Mn y Zn. A continuación se han examinado los factores o componentes principales obtenidos en el PCA, y se ha seleccionado un factor (PC_x) mediante el criterio de “la mayor varianza contenida de la matriz original”.

La variable sintética PC_x seleccionada se ha incorporado al SIG mediante la creación de una nueva capa ráster PC_x, que se ha considerado como la expresión sintética de la variabilidad territorial integrada de las capas ráster de pH, MO, N, C/N, P₂O₅, y niveles cambiables de K, Ca, Mg, y pseudototales de Fe, Mn, Zn. Para ello se ha partido de las capas ráster originales de estas variables edáficas, que se han integrado en la función SIG “calculadora de mapas” mediante la ecuación matemática que recoge las correlaciones entre las variables originales del suelo y el factor PC_x. De esta manera se ha calculado el valor del factor PC_x para cada píxel del territorio, a partir de los valores que presentan las variables del suelo en dicho píxel. Con este procedimiento se ha obtenido una nueva capa ráster PC_x, que simula de manera empírica un mapa sintético de la fertilidad en el área de estudio.

Etapa 3. Modelo de compatibilidad de la fertilidad del suelo frente a cada cultivo. La tercera etapa del modelo se ha iniciado con la integración del mapa ráster de fertilidad PC_x y los inventarios digitales de los cultivos de las habichuelas y el café (también se han integrado las restantes clases del mapa de vegetación y usos). Los datos que se han obtenido mediante la integración SIG de estos mapas ráster se han utilizado como valores numéricos de entrada en nuevos tratamientos estadísticos. El objetivo ha sido estimar estadísticamente, si la fertilidad del suelo calculada para cada píxel del territorio mediante la variable sintética PC_x, se asocia de manera significativa con los cultivos de café y habichuelas localizados en el inventario. De esta manera, los modelos de planificación que se desarrollarán con estos cultivos, incorporarían los valores PC_x del suelo que resulten estadísticamente significativos para cada tipo de cultivo. Por lo tanto, la variable sintética PC_x de fertilidad de los suelos tendría un carácter predictivo en estos modelos de planificación territorial.

El mapa ráster de fertilidad (PC_x) se ha integrado con el inventario digital de habichuelas y café (y las restantes clases del mapa de vegetación y usos), utilizando los procedimientos SIG de combinación y reclasificación. Los resultados obtenidos para cada píxel se han exportado usando hojas Excel en formato Data Base IV, que se han incorporado al programa estadístico. Mediante un test ANOVA y un test ‘post hoc’ de Tukey, se han analizado las relaciones significativas entre PC_x y el inventario

de cultivos, vegetación y usos del territorio. En los casos que el ANOVA y el test 'post hoc' han indicado que existe una relación estadísticamente significativa entre el valor PC_x y el tipo de cultivo o uso, por ejemplo los cultivos de café, se han aplicado nuevas operaciones SIG de combinación y reclasificación para crear una nueva capa ráster denominada "mapa de compatibilidad del suelo frente al cultivo de café".

En esta nueva capa ráster (compatibilidad de la fertilidad del suelo frente al cultivo de café) se ha asignado el valor 2 a todos los píxeles del territorio con un valor PC_x comprendido entre el valor medio de PC_x (calculado en los píxeles de cultivos de habichuelas inventariados) \pm la desviación típica (SD). Los píxeles con valor 2 se han denominado "suelo compatible con el cultivo de habichuelas". En los restantes píxeles del territorio, con valores de PC_x diferentes al rango PC_x medio \pm DS, se les ha asignado el valor 1 y se han denominado píxeles con "suelo no compatible con el cultivo de habichuelas".

Por lo tanto, el carácter predictivo de la variable "compatibilidad del suelo frente al cultivo de habichuelas", se debe, a que en los píxeles con valor 2 se han concentrado el 66% de los valores existentes de PC_x que se corresponden con el 66% de los casos de fertilidad más favorables para las habichuelas, porque sus valores PC_x estarían en torno al valor medio de PC_x que el ANOVA y el test 'post hoc' han establecido como valor estadísticamente significativo en los píxeles del inventario digital de los cultivos de habichuelas. Este modelo de compatibilidad de la fertilidad del suelo se ha repetido para cada uno de los cultivos del suelo que se quieran integrar en el proceso de planificación territorial, con la condición de que el ANOVA y test 'post hoc' hayan asignado un valor PC_x medio significativo para dicho cultivo.

Etapas 4. Cartografía de la capacidad agrológica para cada cultivo: factores limitantes intrínsecos al territorio. Cuando se aplican los conceptos de fertilidad del suelo y capacidad agrológica en los procesos de planificación territorial, hay que considerar la aparición de "factores limitantes" intrínsecos al territorio, tal y como propone Ramos (1979). Este concepto hace referencia a cada factor presente por debajo del nivel óptimo, y que impide alcanzar el óptimo total de un cultivo o proceso biológico, que se alcanzaría en otro caso. Este concepto concuerda con las propuestas de Franzen *et al.* (1996), Van Groenigen (2000), Bertsch (2002), López Rodríguez *et al.* (2004) y Jaime *et al.* (2006), que han propuesto el cuantificar los distintos factores edáficos y características ambientales limitantes de las áreas de estudio, con el fin de clasificar los sitios de acuerdo a su aptitud para usos agrícolas.

Así pues, en la cuarta etapa del modelo se han generado para cada tipo de cultivo (habichuelas y café) un conjunto de mapas ráster de factores limitantes, que se han generado a partir de cada variable analizada en el área de estudio. Estos mapas de factores limitantes se han obtenido a partir de la reclasificación de los mapas ráster de temperaturas medias anuales, precipitaciones medias anuales, pendiente del terreno y las siguientes variables del suelo: pH, MO, N, P_2O_5 y niveles cambiables de K, Ca, Mg, Mn, Fe y Zn.

Para establecer los valores umbrales limitantes de cada variable se ha utilizado la información bibliográfica disponible para los cultivos de habichuelas y café en la República Dominicana y países tropicales comparables (Tabla 2 a y b).

Sin embargo no se ha considerado la variable de "Orientación" para el café, debido a que las zonas de la provincia, donde se encuentran las plantaciones de café, se encuentran importantes masas boscosas que sirven de sombra al cultivo (Tolentino y Peña, 1998; Sánchez, 1999; Peña, 2000). Los valores umbrales relativos al comportamiento de cada variable como factor limitante para un cultivo, se ha

clasificado en cada uno de los nuevos mapas ráster mediante los siguientes valores: valor 1 para los píxeles denominados “no aptos” para el cultivo; valor 2 para los píxeles denominados “aptos para el cultivo”; valor 3 para los píxeles denominados “óptimos para el cultivo”.

Tabla 2a. Criterios de valoración para establecer los factores limitantes intrínsecos al territorio en relación a los cultivos de habichuelas y café en la República Dominicana y países tropicales comparables: precipitaciones, temperaturas, pendiente y altitud.

Variables	Unidad	Excluyente=1	Apto=2	Optimo=2	Referencias
Precipitación (Café)	mm	< 400	400 - 1500	> 1500	(Young, 1976; SEA; 2007).
Temperatura (Café)	°C	<10	10 - 18	18-25	(IAB, 1936; Sánchez, 1999; Peña Cornielle, 2000; SEA, 2007)
Pendiente (Café)	%		< 30	> 30	(Young, 1976; SEA; 2007).
Altitud (Café)	m.s.n.m	< 0	0 - 500	500 - 1200	(IAB, 1936; Young, 1976; Sánchez, 1999; SEA, 2007)
Precipitación (Hab.)	mm	< 300	300- 400	600-900	(McVaugh, 1987; SEA, 2007)
Temperatura (Hab.)	°C	<10	10- 20	20- 30	(Isely, 1990; Calderón, 2006; SEA, 2007)
Pendiente (Hab.)	%	>30	20-30	< 20	(McVaugh, 1987; SEA, 2007)
Altitud (Hab.)	msnm	< 0	> 1500	200 - 1500	(McVaugh, 1987; SEA, 2007)

El criterio fundamental aplicado en el modelo de la matriz de valoración ha sido asegurar la viabilidad del cultivo en función de las propiedades intrínsecas del territorio. Sin embargo, en los valores moderadamente bajos de algunas variables del suelo (N, P, K) y de la precipitación anual media, se ha permitido que el modelo incorpore el criterio de corrección y compensación mediante abonado y riego respectivamente (Tabla 2 a y b).

Los mapas ráster de factores limitantes para cada tipo de cultivo se han integrado con los correspondientes mapas de compatibilidad del suelo, obtenidos previamente para dicho cultivo. La integración de estos mapas se ha realizado mediante las operaciones SIG de combinación y reclasificación, utilizando como modelo una matriz de valoración que se describe en la Tabla 3. El resultado de esta integración ha sido una nueva capa ráster de capacidad agrológica para el cultivo de las habichuelas y otra para el cultivo del café.

Los mapas de capacidad agroecológica obtenidos han clasificado la viabilidad de los cultivos con los siguientes valores: valor 1 para los píxeles “no aptos para el cultivo”; valor 2 para los píxeles “aptos para el cultivo”; valor 3 para los píxeles “óptimos para el cultivo”. Después, en ambos mapas de la capacidad agroecológica se ha aplicado un nuevo criterio limitante basado en la altitud sobre el nivel del mar, para lo cual se han utilizado las herramientas SIG para recortar mapas. Para utilizar la altitud como un elemento limitante, de carácter global, para las habichuelas y el café en esta región dominicana, se han utilizado los criterios propuestos por la bibliografía para países comparables de la misma área (Tabla 2).

Tabla 2 b. Criterios de valoración para establecer los factores limitantes intrínsecos al territorio en relación a los cultivos de habichuelas y café en la República Dominicana y países tropicales comparables: Variables edáficas.

Variabes	Unidad	Exclu=1	Apto=2	Optimo=3	Referencias
pH (Hab.)		< 5; >7	5-6	6-7	Young, A, 1976; SEA, 2007
pH (Café)		< 4.5; >7	4.5-5.5	5,5-6.5	Young, A, 1976; SEA, 2007
M.O (Hab.)	%	0-3	3-7	>7	Ferquido, 2004;
M.O (Café)	%	0-2	2-4	> 4	Young, A, 1976, Muñiz,1992
N (Hab. y Café)	%	< 0.1	0.1-0.2	> 2	Young, A, 1976 (Países tropicales), Arguello, 2004
P ₂ O ₅ (Hab.)	ppm	0-20	>80	20-80	Ferquido, 2004 (RD); Romeo y Hunter, 1978(USA)
P ₂ O ₅ (Café)	ppm	0-10	>40	10-40	Young, A, 1976 (Países tropicales), Mallarino, 2006 (Cuba)
K (Hab.)	meg/100ml	0- 0.2	>0.4	0.2-0.4	Romeo y Hunter, 1978 (USA y RD)
K (Café)	meg/100ml	0-0.5	>2	0.5-2	Ferquido, 2004 (RD), Arguello, 2004 (Perú)
Ca (Hab y Café)	meg/100ml	< 4		>4	Romeo y Hunter,1978 (USA y RD)
Mg (Hab y Café)	meg/100ml	< 2		>2	Romeo y Hunter,1978 (USA y RD)
Fe (Hab.y Café)	ppm	0-20	> 80	20-80	Romeo y Hunter, 1978
Mn (Hab. y Café)	ppm	0-10	>100	10-100	Romeo y Hunter, 1978
Zn (Hab.y Café)	ppm	0-3	>36	3-36	Romeo y Hunter, 1978

Etapa 5. Herramienta SIG que integra el suelo en la planificación: factores excluyentes intrínsecos al proceso planificador. En esta última etapa se ha completado la incorporación del suelo al proceso planificador, mediante un modelo abierto y permanente de estudio racional, predicción, evaluación y definición de soluciones aplicados a diferentes recursos territoriales de la zona de estudio (en nuestro ejemplo habichuelas y café), en relación a los conceptos propuestos por Ramos (1979) y en concordancia con las propuestas de Rajapakse *et al.* (2002), relativa a la planificación y la evaluación del uso del suelo y López Rodríguez *et al.* (2004), con la evaluación de la potencialidad agrológica, y Pineda, (2007), en lo referente a grados de Aptitud física de los cultivos de café. Para ello, y siguiendo con estos dos tipos de cultivo se ha iniciado una integración SIG progresiva de los mapas de capacidad agroecológica con nuevas capas ráster relacionadas con el suelo y la planificación física, que permitirán ir construyendo una herramienta SIG que integre los suelos en sucesivos procedimientos de planificación territorial.

Tabla 3a. Matriz de valoración para obtener mapas de capacidad agroecológica del territorio para el cultivo de habichuelas y café, a partir de la combinación y reclasificación de los mapas de “compatibilidad del suelo frente a un cultivo” y “factores limitantes intrínsecos al territorio”.

pH	MO	C/N	N	P ₂ O ₅	K	Mg	PCA	Modelo de Capacidad Agroecológico
3	3	3	3	3	3	3	2	3
3	2	3	2	2	2	3	2	2 o 3
2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	1	2	1	1	1	2	1	1
1	-	1	-	-	-	1	1	1

Tabla 3b. Matriz de valoración para obtener mapas de capacidad agroecológica del territorio para el cultivo de habichuelas y café, a partir de la combinación y reclasificación de los mapas de “compatibilidad del suelo frente a un cultivo” y “factores limitantes intrínsecos al territorio”.

Fe	Mn	Zn	Pp	Pend	Tª Media	PCA	Modelo de Capacidad Agroecológico
3	3	3	3	3	3	2	3
3	3	3	2	2	2	2	2 o 3
2	2	2	2	2	2	2	2
2	2	2	2	2	2	1	1
1	1	1	-	1	1	1	1

Por lo tanto, la herramienta SIG de suelos propuesta, constituye un sistema de carácter abierto que permite la incorporación permanente de nueva información ambiental, obtenida a través de diferentes enfoques aplicados al suelo (como procesos edafológicos, contaminación, singularidades naturales, etc), además de la obtenida también a través de otros procedimientos relacionados con la planificación (como análisis de riesgos, figuras legales de protección, evaluación del impacto ambiental, evaluación ambiental estratégica, etc).

Dentro de esta perspectiva global, la quinta etapa metodológica del diseño de la herramienta SIG de integración del suelo para los casos de planificación de las áreas adecuadas para estos dos cultivos, ha consistido en la *integración de los mapas de capacidad agroecológica con nuevas capas ráster, relacionadas no solo con la fertilidad de los suelos, sino con los niveles de metales pesados en los mismos, así como con la cartografía existente relativa a espacios protegidos*. La integración de estos nuevos elementos (contaminación del suelo y áreas protegidas,) se ha basado en criterios restrictivos que introducen factores excluyentes intrínsecos al proceso planificador de las habichuelas y café, que se recogen en la Tabla 4. La integración de estas capas ráster se ha basado en las herramientas de recorte del SIG y en operaciones de combinación y reclasificación, que han aplicado estos criterios excluyentes.

El modelo que ha excluido zonas para las habichuelas y el café en función de la contaminación del suelo, se ha ejemplificado con los niveles de Cd total en el suelo. Para ello se ha utilizado como criterio excluyente el valor de 3 mg/kg propuesto por (Cala *et al.*, 1985; Rodríguez Martín, 2006). Este valor concuerda con los primeros resultados obtenidos por Hernández *et al.* (2006a, 2006b) en un conjunto de bioensayos sobre el impacto de metales pesados en las raíces y hojas de cultivos de habichuelas, café, sorgo (*Sorghum* spp.) y maíz (*Zea mays*) (Tabla 4).

Tabla 4. Criterios de valoración para establecer los factores excluyentes intrínsecos al proceso planificador en relación a los cultivos de habichuelas y café en la zona de estudio: contaminación del suelo por Cd y presencia de figuras de protección natural.

Umbral de los dos parques	Umbral de Cadmio	Modelo Cap.acidad Agroecológica	Modelo
2	-	-	1
1	-	-	1
0	1	1	1
0	1	2	2
0	1	3	3
0	2	1	1
0	2	2	2
0	2	3	2
0	3	-	1

El segundo modelo que ha excluido zonas de cultivo para las habichuelas y el café ha empleado la cartografía digital de los espacios naturales protegidos del área de estudio. Para ello se han utilizado como criterio excluyente, los límites de 2 parques nacionales, que representan las tres cuartas partes de la Reserva de la Biosfera *Jaragua-Bahoruco-Enriquillo* (Figura 2): el Parque Nacional de Jaragua con 1651,36 km² y el Parque Nacional de Bahoruco con 1125 km².

4. Modelo de simulación empírica de la fertilidad del suelo

Se ha basado en un análisis de componentes principales (PCA). Los tres primeros factores (PC₁, PC₂ y PC₃) han representado el 78,7% de la varianza contenida en la matriz original. El factor PC₁ ha sido seleccionado porque sintetiza el 34,9% de la varianza de la matriz original. Este factor expresa las diferencias entre suelos con mayor M.O., N y niveles disponibles de Mn, frente a suelos con menos P₂O₅ y niveles disponibles de Mg, K y Zn. Mientras que el segundo componente explica el 18,5% de la varianza, y está relacionado con la concentración de P₂O₅, K, Mg y Zn (Figura 4).

La Tabla 5 muestra los “factores de carga” entre las variables originales y los 3 factores generados por el PCA, que permiten interpretar los PCs.

La función SIG “calculadora de mapas”, las capas ráster de las variables del suelo y la ecuación (1) de las correlaciones con las variables originales, han permitido crear un nuevo mapa ráster PC₁, que ha supuesto una simulación empírica de la fertilidad del suelo (Fig. 3).

$$(1) PC_1 = 0.270753 Ca + 0.468184 MO + 0.378305 Fe + 0.259261 K + 0.129833 Mg + 0.460828 Mn + 0.442037 N + 0.165004 P_2O_5 + 0.212893 Zn$$

A partir de los datos registrados en cada píxel del territorio, se ha aplicado un ANOVA del factor (clase de cultivo, vegetación o uso) y la variable PC₁, y también el correspondiente test ‘post hoc’ (Tablas 6 y 7). Los resultados han mostrado que los valores medios de PC₁ difieren muy significativamente en el 47% de las clases de vegetación y usos presente en el área de estudio (Tablas 6 y 7). Las probabilidades obtenidas en el test ‘post hoc’ de Tukey para los cultivos de habichuelas y café han sido: Habichuela vs. Café: p = 0,0362; Habichuela vs. Cultivos extensivos: p = 0,0039; Habichuela vs. Pastos: p < 0,0001; Habichuela vs. Bosques nublados: p < 0,0001; Habichuela vs. Manglares: p = 0,0073; Habichuela vs. Bosque seco: p < 0,0001; Habichuela vs. Bosque coníferas: p < 0,0001; Café vs. Plátano: p = 0,009; Café vs. Bosque nublado: p = 0,0027; Café vs. Bosque seco: p < 0,0001; Café vs. Bosques coníferas: p < 0,0001. Las restantes probabilidades del test post-hoc para las habichuelas y el café no han sido significativas.

Estos resultados han permitido generar un mapa de compatibilidad del suelo para el cultivo de las habichuelas y otro para el café, que han clasificado los valores de fertilidad de cada píxel frente a estos cultivos en las 161.867 ha del área de estudio. El suelo compatible con el cultivo de habichuelas es un 21% del territorio estudiado (33.918 ha), y el suelo compatible con el café es un 31% del territorio (50.194 ha).

Figura 2. Áreas ocupadas por los P. Naturales “Sierra de Bahoruco” y “Jaragua”

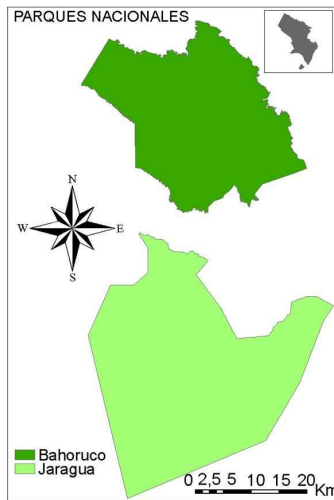
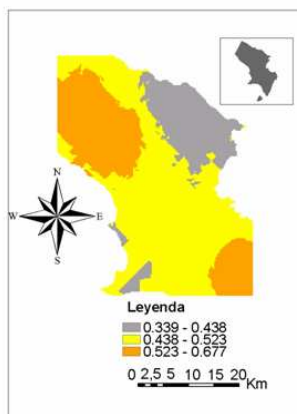
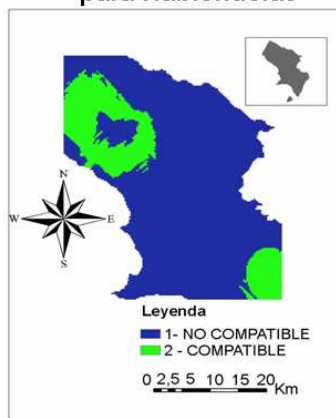


Figura 3. Mapa obtenido del componente 1, que representa una simulación empírica de la fertilidad del suelo.

Mapa obtenido del componente 1



Mapa de Compatibilidad para Habichuelas



Mapa de Compatibilidad para Café

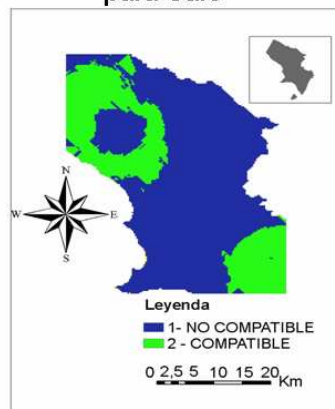


Tabla 5. Análisis de Componentes Principales (PCA): variables edáficas relacionadas con la fertilidad obtenidas de 80 muestras de suelo analizadas.

Variabales	Factor (PC1)	Factor (PC2)	Factor (PC3)
M.O	0.468184	0.214423	-0.114017
N	0.442037	-0.020186	-0.405513
P ₂ O ₅	0.165004	-0.304752	0.394591
K	0.259261	-0.505948	-0.0503588
Ca	0.270753	-0.277625	-0.0258673
Mg	0.129833	-0.342322	0.632605
Fe	0.378305	0.396416	0.305463
Mn	0.460828	0.311918	0.154719
Zn	0.212893	-0.395045	-0.382385

Por otra parte, el análisis de la distribución territorial de los factores limitantes intrínsecos al territorio (precipitaciones, temperaturas, pendientes y variables edáficas) de los cultivos de habichuelas y café, han mostrado que estos factores limitantes afectan al 36,8% del territorio para cultivar habichuelas (59.6 ha) y al 80,9% del territorio para cultivar café (130.8 ha). La integración de estos mapas de factores limitantes con los mapas de compatibilidad del suelo, así como la posterior corrección con las altitudes limitantes para estos cultivos, han proporcionado como resultado que las áreas con capacidad agroecológica para cultivar habichuelas es un 15,7% del territorio (25.4 ha) y para cultivar café es un 4,7% del territorio (7.6 ha) (Figura 4).

La última etapa del modelo SIG del suelo propuesta, ha integrado dos factores excluyentes intrínsecos al proceso planificador. La integración del factor excluyente “contaminación del suelo por Cd” (Figura 5) ha mostrado que el 60,7% de las áreas con capacidad agrológica para cultivar habichuelas (15.4 ha), y que el 89,7% de las áreas con capacidad agrológica para cultivar café (6.8ha), han quedado inhabilitadas para estos cultivos debido a los cantidades de Cd de los suelos. Mientras que la integración del factor excluyente “figura legal de parque nacional” (Figura 4) ha inhabilitado el 14,4% de los suelos con capacidad agrológica para las habichuelas (3.6 ha), y el 43,9% de los suelos con capacidad agrológica para el café (3.4 ha).

Las 5 etapas metodológicas descritas se han integrado en un modelo SIG ráster final, de carácter abierto, que ha proporcionado una herramienta SIG para integrar el suelo en dos procedimientos básicos de planificación de cultivos de habichuelas y café en Pedernales. La aplicación a la zona de estudio de esta herramienta SIG basada en la integración de la fertilidad, los factores limitantes del suelo y otras variables intrínsecas al territorio, y los factores excluyentes intrínsecos al proceso planificador, ha proporcionado como resultado de esta primera fase planificadora que un 8,1% del territorio resulta adecuado para promover el cultivo de las habichuelas (13.1 ha) y un 2,2% del territorio resulta adecuado para promover el cultivo del café (3.5 ha) (Fig. 6).

5. Aspectos de discusión global

Los caracteres del territorio tienen un significado importante en orden al desarrollo de las actuaciones humanas. Considerados estos caracteres en su conjunto, para un determinado sector territorial y para una posible actuación, definen la capacidad que tiene el sector para desarrollar en él la actuación. Así, la capacidad del territorio se entiende como derivada de ciertas características y elementos ambientales significativos. En la realización de un estudio de capacidad para una determinada actuación se deben considerar todos los elementos ambientales bióticos y abióticos que contribuyen a la caracterización del territorio, así como las relaciones que entre ellos se producen.

Sin embargo, por el considerable número de elementos que habría que estudiar, será necesario seleccionar con una finalidad operativa, solamente aquellos que en realidad resulten más significativos, positiva o negativamente, para su implementación y desarrollo, evitando las redundancias consecuentes de las relaciones existentes entre los elementos y características ambientales. Seleccionados los elementos, y según el método que parezca más oportuno, habrá que llegar a una clasificación del territorio según clases de capacidad para cada actividad. Es aconsejable que el número de clases sea pequeño; y entre ellas puede existir una clase “excluyente”, que incluye aquella parte del territorio en la que no se puede desarrollar la actividad considerada, por motivos técnicos intrínsecos al medio o de uso actual. Consideraciones análogas se encuentran en los trabajos de Ramos, (1979); MMA, (2000) y García-Montero et al., (2003, 2007, 2008).

En función de estos principios y en relación a la planificación de los usos agrícolas de un territorio de marcado carácter rural, el elemento suelo y su fertilidad, constituyen elementos muy significativos en el proceso planificador. Por lo tanto, en los modelos para una planificación sostenible del territorio, resulta conveniente incorporar índices de fertilidad. Vagen *et al.* (2006), expresan que en el desarrollo de índices de fertilidad del suelo, el reto está generalmente en integrar varias características del mismo dentro de un solo índice de valor. En muchos estudios (Karlen *et al.*, 1998; Lal, 1998; Diack y Stott, 2001), se aplica un sistema de puntuación basado en valores agronómicos de referencia para diversas características del suelo, y en algunos casos, ciertas características del suelo son calificadas con más peso que otras. Sin embargo, uno de los mayores problemas que plantean los suelos tropicales es que no existen valores de

Figura 4. Mapa de capacidad agroecológica del territorio para los cultivos de las habichuelas y café, obtenidos en función de un modelo de fertilidad y de otros factores limitantes del suelo (precipitaciones, temperatura, pendiente y altitud).

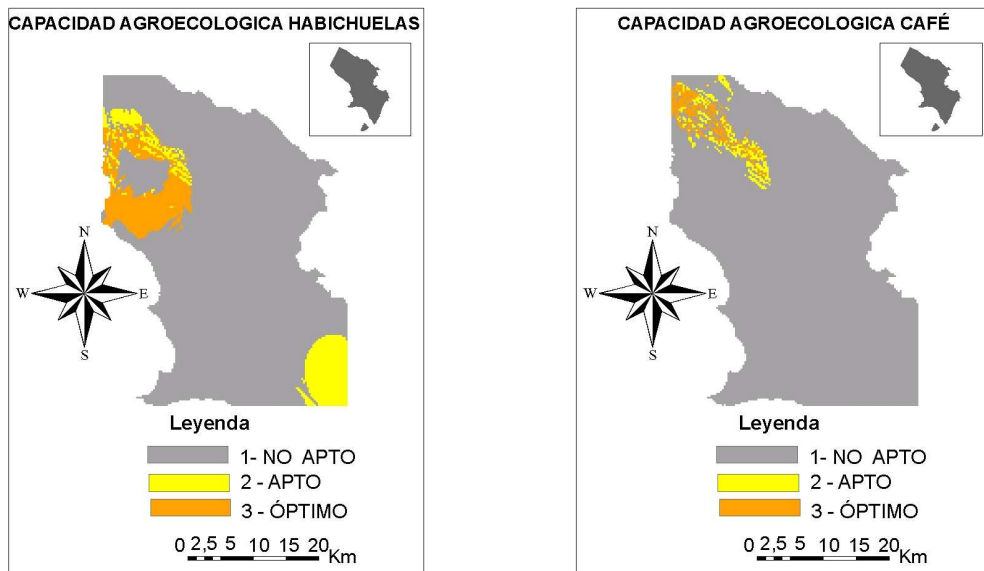
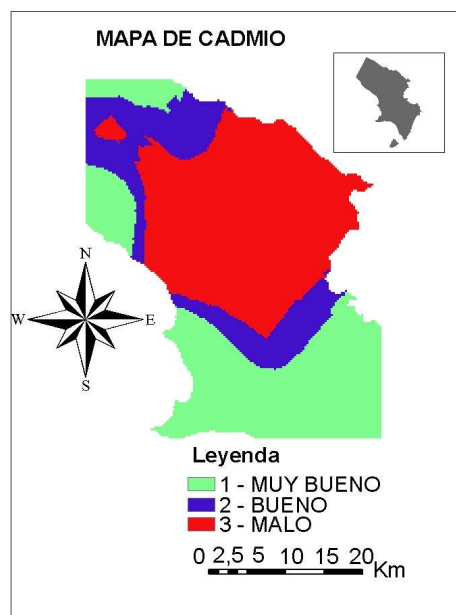


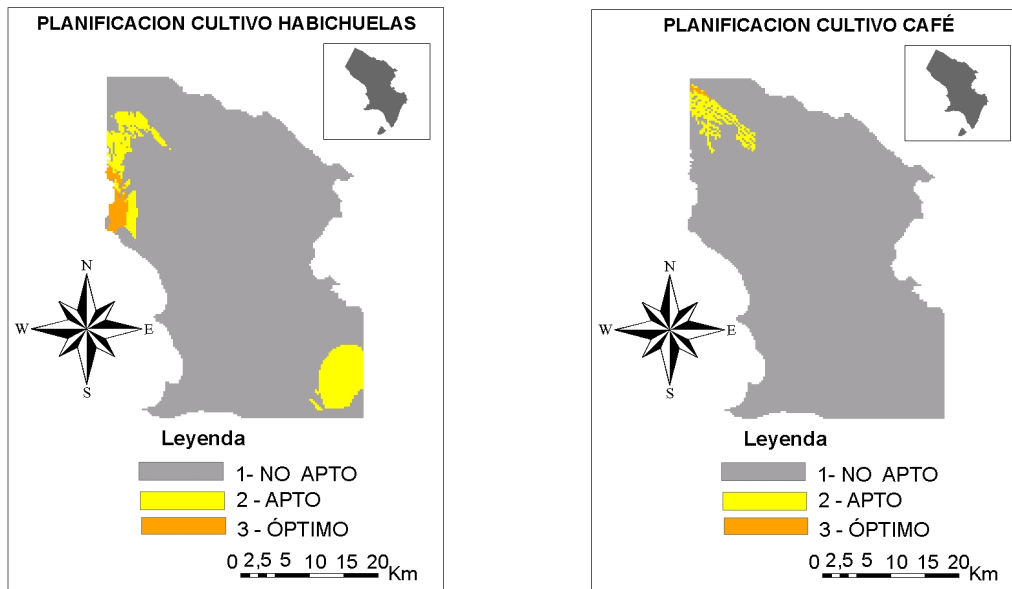
Figura 5. Mapa de niveles elevadas de Cd en el suelo obtenido mediante un tratamiento geoestadístico kriging a partir de 80 muestras de suelo.



referencia robustos (Sánchez *et al.*, 2003), y la valoración del peso de las características edáficas o la asignación de valores de ponderación no están sometidos a ningún criterio científico.

Debido a la problemática de los suelos tropicales, en el presente trabajo se ha descartado la incorporación de un índice de fertilidad en la herramienta SIG de integración del suelo en la planificación territorial. No obstante, los resultados obtenidos mediante el PCA pueden constituir una herramienta válida para simular una cartografía sintética de la fertilidad, que por razones de funcionamiento práctico, se puede incorporar en los modelos SIG de planificación territorial en áreas tropicales con predominio de actividades agrícolas en el uso de sus territorios.

Figura 6. Resultado de la aplicación de la herramienta SIG para integrar el suelo en un procedimiento básico de planificación de cultivos de habichuelas en la frontera sur de República Dominicana y Haití.



Nuestra propuesta puede resolver las dificultades descritas por Vagen *et al.* (2006). Sin embargo, se trata de una aproximación empírica que hay que aplicar para cada caso y en cada zona de estudio. Por lo tanto, el uso del PCA para reflejar la fertilidad del suelo está restringido a los cultivos y usos del mismo que resultan discriminados de manera significativa por los correspondientes tratamientos estadísticos (ANOVAs y tests post hoc). En el área de estudio contemplada en este trabajo, los casos que han permitido el uso de la variable PC_1 como variable que simula la fertilidad, han sido los suelos de cultivo de habichuelas, café, plátanos y los suelos de las formaciones naturales de bosques de coníferas, bosques nublados, bosques latifoliados, bosques secos y manglares- humedales, (Tabla 7).

No obstante, en la práctica, resulta difícil integrar los estudios de fertilidad y otros aspectos del suelo en los modelos de planificación territorial, porque normalmente afectan a extensiones importantes de territorio, y se tienen que integrar además con un gran número de variables. Por ello, en el presente trabajo hemos aplicado el principio propuesto por Ramos (1979) y Otero *et al.* (1999; 2007), que recomiendan que los modelos de planificación y evaluación ambiental deben “dedicar mayores esfuerzos a los problemas más significativos”. Esta filosofía debe incidir tanto en la fase del inventario ambiental como en el diseño de los modelos. Por ello, estos autores y García-Montero *et al.* (2003, 2007, 2008), recomiendan utilizar SIG y aplicar “criterios de descalificación” en los modelos de planificación y evaluación ambiental, ya que permiten distinguir y localizar áreas críticas inaceptables para las diferentes alternativas examinadas. Esto facilita el proceso planificador, porque reduce el área de estudio y permite que los subsiguientes esfuerzos de planificación se concentren en el resto del territorio, favoreciendo por tanto la generación de alternativas y soluciones finales localizadas espacialmente.

Los criterios de descalificación se pueden aplicar a uno o a numerosos factores ambientales del territorio. Sin embargo, con que aparezca un solo valor crítico dentro de un área determinada, se debería excluir esta área del proceso planificador. La herramienta SIG de integración de suelos en los procesos de planificación descritos en este trabajo, incorpora como criterios de descalificación los mencionados a continuación: a) Factores limitantes para la fertilidad de los suelos que se corresponden con las siguientes variables intrínsecas al territorio: precipitaciones, temperaturas, pendientes y metales pesados en su capa superficial y, b) factores excluyentes intrínsecos al proceso planificador: ejemplificados en la contaminación por Cd y las figuras de protección legal.

Tabla 6. Test ‘post hoc’ (test de Tukey) para determinar que valores medios de la variable PC₁ (variable sintética de la fertilidad) han diferido de manera significativa entre las diferentes clases de cultivos, vegetación y usos del suelo en el área de estudio.

Vegetación y uso	Code	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
C.Plátano	1	-	0.178	0.968	0.009	0.001	0.083	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.940	0.000	0.189
C.Maiz	2	0.178	-	0.725	1.000	1.000	1.000	0.995	0.609	1.000	0.000	0.181	0.999	0.015	1.000
C.Habichuelas	3	0.968	0.725	-	0.036	0.004	0.438	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	1.000	0.000	0.683
C.Café	4	0.009	1.000	0.036	-	0.997	0.997	0.703	0.003	1.000	0.000	0.000	0.990	0.000	1.000
Cult. Intensivos	5	0.001	1.000	0.004	0.997	-	0.669	1.000	0.738	0.998	0.000	0.110	0.831	0.004	1.000
Cult.Extensivos	6	0.083	1.000	0.438	0.997	0.669	-	0.049	0.000	0.968	0.000	0.000	1.000	0.000	0.999
Pastos	7	0.000	0.995	0.000	0.703	1.000	0.049	-	0.677	0.636	0.000	0.024	0.566	0.001	1.000
Bosque Nublado	8	0.000	0.609	0.000	0.003	0.738	0.000	0.677	-	0.000	0.000	0.955	0.094	0.127	0.999
Manglares	9	0.004	1.000	0.007	1.000	0.998	0.968	0.636	0.000	-	0.000	0.000	0.979	0.000	1.000
Bosque Seco	10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-	0.000	0.000	0.000	0.001
Bosque Coniferas	11	0.000	0.181	0.000	0.000	0.110	0.000	0.024	0.955	0.000	0.000	-	0.016	0.839	0.958
Bosque Latifoliado	12	0.940	0.999	1.000	0.990	0.831	1.000	0.566	0.094	0.979	0.000	0.016	-	0.001	0.991
lagunas	13	0.000	0.015	0.000	0.000	0.004	0.000	0.001	0.127	0.000	0.000	0.839	0.001	-	0.588
Zonas de Minas	14	0.189	1.000	0.683	1.000	1.000	0.999	1.000	0.999	1.000	0.001	0.958	0.991	0.588	-

Tabla 7. Test ANOVA. Valores que toma la variable PC₁ (variable sintética de la fertilidad) entre las diferentes clases de cultivos, vegetación y usos del suelo en el área de estudio.

Vegetación y uso	Código	N	Media	Desv. Std.	Mín.	Máx.
Bosque coníferas	11	293	507.8	86.6	339	655
Bosque nublado	8	293	517.1	88.0	354	677
Bosque latifoliado	12	20	569.5	5.9	560	579
Bosque seco	10	200	451.4	57.9	339	551
Manglares	9	258	545.6	74.7	417	676
Humedales y lagunas	13	110	492.7	104.1	365	636
C.Habichuelas	3	88	580.3	41.7	508	654
C.Maíz	2	29	548.4	39.5	479	614
C.Café	4	153	546.9	46.0	470	641
C.Plátano	1	28	603.8	27.0	538	645
Cult. intensivos	5	83	535.5	48.2	408	588
Cult. extensivos	6	153	556.6	54.5	471	654
Pastos	7	215	530.9	71.4	363	651
Zonas de Minas	14	15	537.5	10.4	528	570
Todos los Grupos	-	1938	524.4	79.3	339	677

Los resultados han mostrado que ambos tipos de criterios han simplificado mucho los modelos de planificación, porque han utilizado valores umbrales sencillos y netos, y han eliminado grandes extensiones del territorio. Así, los factores limitantes intrínsecos al territorio, han mostrado que la provincia de Pedernales (República Dominicana), presenta muchas restricciones para el cultivo del café. Este cultivo está limitado por las bajas precipitaciones y la elevada pedregosidad del suelo. Sin embargo, estos mismos factores limitantes han permitido que las habichuelas dispongan de mucho más territorio (el triple que el café) para planificar la potenciación de su cultivo. En este caso, las fuertes pendientes del terreno (> 20%) y las deficiencias de nitrógeno y fósforo en el suelo son los principales factores limitantes para el cultivo de las habichuelas en Pedernales, con la ventaja de que aunque algunas de estas carencias se pueden corregir.

Respecto a los factores excluyentes intrínsecos al proceso planificador que se han utilizado, los resultados muestran que en Pedernales la contaminación del suelo por metales pesados de origen litogénico puede limitar mucho más las áreas dedicadas a los cultivos que los extensos territorios protegidos de la Reserva de la Biosfera *Jaragua-Bahoruco-Enriquillo*. En este sentido, Hernández *et al.* (2007), indicaron que en Pedernales existen suelos contaminados que alcanzaban hasta 18 mg/kg de Cd en su capa superficial.

Dado que los valores superiores a 0,5 mg/kg para este metal son considerados contaminantes potenciales, es una cuestión a tener muy en cuenta. Sin embargo, las muestras con mayor concentración en esta región dominicana se han localizado en los suelos sobre calizas carbonatadas, alteritas y una pequeña parte sobre calizas cristalinas, lo que indica un control litogénico de la presencia del Cd en el suelo. Por lo que el uso forestal debería ser privilegiado en este territorio.

Conclusiones

La herramienta SIG que se ha descrito en este trabajo es un sistema ráster abierto, que permite incorporar nuevas variables y modelos relacionados con el suelo y otros elementos bióticos y abióticos. El modelo ha sido aplicado a dos casos para la planificación de las áreas de cultivos de habichuelas y café en Pedernales (República Dominicana), con resultados satisfactorios, lo que prueba que nos encontramos ante una metodología sólida, ya que sus modelos han discriminado con claridad las situaciones extremas para los dos tipos de cultivo, en función de los suelos y los factores limitantes y excluyentes analizados. Por ello la herramienta SIG de integración de suelos en los procesos de planificación territorial para el desarrollo local y regional que se ha expuesto, ha resultado muy adecuada y permite, transferir sus resultados a otros procedimientos SIG de planificación territorial que se desarrollen para las zonas tropicales de marcado carácter rural en islas del Caribe y países de Centro América.

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento a la Dirección General de Inmigración, Cooperación al Desarrollo y Voluntariado y a la Universidad Politécnica de Madrid, por su apoyo institucional y económico mediante el Convenio titulado “*Experiencia piloto de asesoramiento técnico por Internet de las contrapartes locales de la Cooperación de la Comunidad de Madrid sobre evaluación ambiental, planificación territorial, desarrollo rural y prevención de riesgos*”; así nuestro agradecimiento va a la U.D. de Operaciones Básicas del Dpto de Ingeniería Forestal de la E.T.S.I. de Montes de la U.P.M. por su colaboración y acogida. Por último, expresamos nuestro agradecimiento a Cristina Pascual, Luís Gonzagra y Esperanza Ayuga por sus correcciones estadísticas, a Juan Sierra por sus explicaciones sobre SIG, y a Prudence Brooke-Turner por su traducción al inglés.

Referencias

- Alexis S, Hernández AJ, Pastor J. 2004. Soil Degradation in Haiti: Causative Factors and Consequences. In: Faz A, Ortiz R, García G, editors. Human Impact on Land Degradation. Quaderna Editorial, Alicante, 2004, pp. 317-319.
- Alexis, S.; Hernández, A. J. y Pastor, J. 2007. Evaluación de la fertilidad y contaminación de los suelos de la cuenca del Pedernales (República Dominicana-Haití). *Memoria del XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo*, León-Guanajuato, México: 1191-1194
- Bertsch, F., Henríquez, C., Ramírez, F., Sancho, F. 2002. Site-specific nutrient management in the highlands of Cartago province. *Better Crops Internacional* 16 (1): 16-19
- Cala, V., Rodríguez, J., Guerra, A., 1985. Contaminación por metales pesados en suelos de la Vega de Aranjuez. (I) Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Cr. *Anales de Edafología y Agrobiología* 14, 1595-1608.
- Cámara, R.; Martínez, J R.; Díaz del Olmo. F. 2006. *Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente en República Dominicana*. CSIC-Escuela de Estudios Hispano-americanos, Universidad de Sevilla, Sevilla.

- Cámara, R. 1997. República Dominicana: Dinámica del medio físico en la región Caribe (geografía física, sabanas y litoral). Aportación al conocimiento de la tropicalidad insular. Tesis doctoral, Universidad de Sevilla
- De León PD, Pablos P, Balmaseda C, Henriquez M, 1999. Variabilidad espacial del pH, Fosforo y Potasio en muestreos de suelos con fines de fertilidad en plantaciones de caña de azúcar en Cuba.
- Diack M, Stott DE. 2001. Development of a soil quality index for the Chalmers soil series in the midwestern USA. CD-ROM. West Lafayette. International Soil Conservation Organization Conference Proceedings.
- FAO. Inventario y Fomento de los Recursos Naturales, República Dominicana. Informe Técnico, FAO, SF/DOM 8, Roma, 1973, 480 pp.
- Franzen, D. W, Hofman, V.L, Cihacek, L.J.1996.Sampling for site-specific farming: Topography and nutrient considerations. *Better Crops* 80 (3): 14-17.
- García-Montero, LG, Bravo D.; Mancebo S.; Pascual C, García-Cañete J, García-Abril, A.(2003) Ensayo metodológico de planificación física de una autovía en el Estado Miranda (Venezuela). *Observatorio medioambiental*, 6: 141-159.
- García-Montero, LG.; Mancebo-Quintana, S.;Casermeiro M,A., Otero I. 2008. A GIS tool for a rapid assessment of natural quality at the national level. *Environmental Monitoring and Assessment*
- García-Montero, LG.;Otero, I, Mancebo-Quintana S, Casermeiro M.A. 2007. An environmental screening tool for assessment of land use plans covering large geographic areas. *Environmental Science and Policy* (<http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2007.10.002>).
- Geodäsie BBK, *Eurogeographics ERF* (Eds.). 2004. European Coordinate Reference System CRS. Eurogeographics, Champs-sur-Marne.
- Hernández A. J.; Alexis, S.; Pastor, J. 2005. Contribución al estudio de la degradación de los suelos de los bosques tropicales de la provincia de Pedernales (República Dominicana). En: Jiménez-Ballesta, R.; Álvarez-González A. M. (eds). *Control de la degradación de suelos*. Ed. Consejería de Economía e Innovación Tecnológica, Comunidad de Madrid, Madrid: 173-178.
- Hernández, A. J.; Alexis, S.; Fernández-Pascual, M. y Pastor, J 2006a. Estudio de la nutrición mineral de *Phaseolus vulgaris* L en suelos de cultivo que contienen metales pesados *XI Simposio Ibérico sobre Nutrición Mineral de las Plantas*. 18-21 Pamplona, España.
- Hernández, A. J.; Vizcaíno, C.; Alexis, S.; Pastor, J. 2006b. Procesos antropo-edáficos frecuentes en la Reserva de la Biosfera *Jaragua-Bahoruco-Enriquillo* (República Dominicana). En: J. F. Gallardo (Ed). *Medioambiente en Iberoamérica. Visión desde la Física y la Química en los albores del Siglo XXI*. Ed. Diputación de Badajoz: 223-229.
- Hernández, A. J.; Alexis, S.; Pastor, J. 2006c. Estudio ecofisiológico de dos variedades de *Phaseolus vulgaris* L. en suelos con contenidos elevados de metales de la provincia de Pedernales (República Dominicana). En: *Ecofisiología Vegetal, Contribuyendo al conocimiento de la flora nativa iberoamericana*. IX Congreso Latinoamericano de Botánica, pp. 304-306. Jardín Botánico Nacional. Sto. Domingo, República Dominicana.
- Hernández, A. J.; Alexis, S. and Pastor, J. 2007. Soil degradation in the tropical forests of the Dominican Republic's Pedernales province in relation to heavy metal contents. *The Science of the Total Environment*, 378: 36-41

- Hernández AJ, Pastor J. 1989. Técnicas analíticas para el estudio de interacciones suelo-planta. *Henares. Rev. Geol.* 3: 67-102.
- INDESUR/GTZ. 1994. Lineamiento para un plan regional de desarrollo del suroeste de la republica Dominicana.
- Jaime E; Mendoza, J, Ramos, Y, Pineda N. 2006. Aplicación de metodología multifactorial – participación para evaluar el deterioro agroecológico y ambiental de las subcuencas La Palma y Escuque, estado Trujillo, Venezuela. *Interciencia* 31: 720-727.
- Karlen D.L.; Gardner J.C., Rosek MJ. 1998. A soil quality framework for evaluating the impact of CRP. *Journal of Production Agriculture* 11: 56-60.
- Lal, R. 1998. Soil quality and sustainability. In: Lal R (Ed.) *Methods for Assessment of Soil Degradation. Advances in Soil Science.* CRC Press, Boca Raton.
- López Rodriguez, R., Sanchez Martin, N., Martín, A.S., Santos, F.F, Morales, C.R., 2004. Utilizacion de un SIG para la evaluacion de la potencialidad agrológica en la comarca de Tierra de Alba (Salamanca).
- Medina M, Cabrera A, Ortega JM. 2007. Evaluación y planificación del uso del suelo del Ejido Atécuaro (Municipio de Morelia, Michoacán, Mexico). Universidad de Sevilla (Bellinfante N, Jordan A), Sevilla.
- MMA Ministerio de Medio Ambiente (ed.) 2000. *Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología.* Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Moncayo, F.H., Hincapié, A.M., Betancur, J.H., Tafur, L.E., 2006. Spatial variability of chemical and physical properties of a sandy typic udivitrands in the Colombian central Andean zone. *Revista. Fac. Nal. Agr. Medellín* Vol 59 no 1:3217-3235
- ONOPLAN & AECEI, 2003. Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de la Provincia de Pedernales, Araucaria Proyecto Bahoruco, Sto. Domingo, 140 pp.
- Otero I, Casermeiro MA, Ezquerro A, Esparcia P. 2007. Landscape evaluation: Comparison of evaluation methods in a region of Spain. *Journal of Environmental Management* 85: 204-214.
- Otero I, Monzón A, García MA, Casermeiro MA, Canga JL. 1999. Impacto ambiental de carreteras: evaluación y restauración. Asociación Española de la Carretera, Madrid.
- Peña, A, 2000. *Plantaciones de café (Coffea arabica) bajo maderables en la cuenca alta del río Yaque del Norte: Su impacto económico y ambiental.* Tesis de Maestría. Republica Dominicana.
- Pineda, N., Aular, M., Arellano, R., Becerra, L., Jaime E; Mendoza J. 2007. Aptitud física de las áreas cafetaleras de la microcuenca del río Monaicito, estado Trujillo-Venezuela. *Revista Geografica Venezolana.* 47 (1): 11-28
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), 2005. *Informes de Desarrollo Humano de la República Dominicana.* A. Mitila Lora y L. Rubio (eds.)
- Rajapakse, R.M.S.; Jayakody, J.A.; Jayawardena, M. 2002. Prepare sustainable strategic development plan for a selected tea estate in mid-country region in Sri Lanka using SIG. Tea Ressearch Institute of Sri Lanka, Talawakele. *Agricultura & Soil* : 110-123
- Ramos A. 1979. *Planificación física y ecología. Modelos y métodos.* E.M.E.S.A., Madrid.
- Rodríguez Martin, J. A., López Arias, M., and Grau Corbi, J. M. (2006). Heavy metals contents in agricultural topsoils in the Ebro basin (Spain). Application of the multivariate geostatistical methods to study spatial variations. *Environmental Pollution*, 144, 1001–1012.

- Sánchez, D, 1999. Aumento de la producción de café (*Coffea arabica*) en el distrito municipal de Los Cacao, San Cristóbal, Perfil de Proyecto. Republica Dominicana.
- Sánchez, P.A., Palm, C.A., Buol, S.W., 2003. Fertility capability soil classification: a tool to help assess soil quality in the tropics. *Geoderma* 114: 157- 185.
- Secretaria de Estado de Agricultura, (SEA), 1994. *Reconocimiento y evaluacion de los recursos naturales de la Sierra de Bahoruco*. Santo Domingo, Republica Dominicana. 266 pp
- Secretaria de Estado de Agricultura, (SEA), 2007. *Informe sobre el estado de los diferentes cultivos*. Departamento de Estadística. República Dominicana.
- SEMARN. Reserva de la Biosfera Jaragua-Bahoruco-Enriquillo, 2004. Secretaría de Estado para el Medio Ambiente y Recursos Naturales. Santo Domingo RD, 169 pp. SCRD Servicios Cartográficos de la Republica Dominicana, 2003
- Tolentino L, Peña, M. 1998. Inventario de la vegetación y uso de la tierra en República Dominicana. *Moscosoa* 10: 179-203.
- Trangmar, BB., Post, R.S. ; Uehara, G .1985. Aplicacion of Geostatiscs to spatial studies of soil properties. *Advances in Agronomy* 38: 45-95.
- Vagen Vagen TG, Shepherd KD, Walsh MG. 2006. Sensing landscape level change in soil fertility following deforestation and conversion in the highlands of Madagascar using Vis-NIR spectroscopy. *Geoderma* 133: 281-294.
- Van Groenigen, Gandah, M., Bruma, J. 2000. Soil sampling strategies for precision agricultura research ander Sahelian conditions. *Soil Scence. Society. American.Journal.* 64: 1674-1680.

3. LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE ESPACIOS DEGRADADOS: CONTRIBUCIÓN MEDIANTE EL ESTUDIO DE ESPECIES PIONERAS DE LA SUCESIÓN ECOLÓGICA Y CULTIVOS MÁS EMBLEMÁTICOS

Resumen

Se presentan en este trabajo dos alternativas no exclusivas entre sí relacionadas con la restauración de espacios que presentan un tipo de degradación frecuente en los suelos del territorio de Pedernales (República Dominicana). Se trata de aplicar principios ecológicos basados tanto en el conocimiento de especies pioneras de la sucesión ecológica, como en el uso de plantas de cultivo con gran poder de extracción de metales pesados de los suelos. Para el primer caso, se muestra el estudio realizado con una gramínea nativa de la familia de las poáceas (*Schizachyrium gracile*), y para el segundo caso, el posible aporte de otras dos gramíneas de cultivo (maíz y sorgo) adaptadas a este ambiente tropical de la zona que, al presentar niveles altos de metales pesados en sus partes aéreas, pueden ser utilizadas como especies fitorremediadoras. En otros trabajos anteriores se han mostrado resultados relativos a la última cuestión señalada, por lo que en estas páginas, nos extenderemos más a la exposición de los resultados concernientes al estudio de la gramínea autóctona aludida, conocida vulgarmente como *aceitillo*.

Palabras clave: aceitillar, fitorremediación, bosques tropicales, metales pesados, aluminio

Introducción

De la bibliografía consultada se deducen los principales recursos mineros de la provincia Pedernales expuestos en la tabla. En la década de los años 1980 a 1990 se produce un giro en el desarrollo de esta provincia, ya que en 1983 Alcoa suspende sus operaciones debido a causas relativas al mercado internacional de la bauxita.

Aunque la empresa norteamericana (Alcoa) dejó de operar formalmente en el año 1985, los últimos embarques de bauxita se produjeron en 1989. A partir de ese momento la operación de las instalaciones así como la concesión de explotación minera, pasaron a la Ideal Dominicana, empresa que asumió los compromisos institucionales de su predecesora. Las operaciones de la Ideal, se concentraron a partir de entonces en la explotación de la caliza.

La explotación de la bauxita metalúrgica en el Parque Nacional de Bahoruco (hoy incluido en la única Reserva de la Biosfera que tiene el país dominicano) se ha llevado a cabo en pleno bosque tropical de coníferas. Dejando muchas escombreras en buena parte del mismo. El ecosistema original se ubica en la categoría de Bosques de Conífera Denso y Abierto que agrupa las áreas con dominancia de pino, en forma pura o mezclada con especies de hojas anchas en la República Dominicana (Tolentino y Peña, 1998). De

acuerdo a su densidad y estructura se han clasificado en: “bosque conífera denso”, cuando su densidad es mayor de 60% y “bosque de conífera ralo o abierto”, cuando la densidad del dosel superior es de 40 a 60%. Se encuentran a elevaciones entre los 800 y 3085 metros, con pluviometría superior a los 1000 mm anuales y temperatura variable de 0 a 27° C, y ocupa un 6.28% del territorio nacional.

La porción más extensa de este bosque de pino denso se encuentra en la Cordillera Central, en alturas por encima de los 2.000 m, pero su densidad va disminuyendo a medida que se desciende hacia la parte media de la Cordillera Central, principalmente en las vertientes Sur y Suroeste, y en las proximidades a la frontera con Haití como es el caso de Pedernales, donde estos bosques son más abiertos. En esta región Suroeste, la distribución de pino denso se enmarca en la parte alta de la Sierra de Bahoruco, limitando con las unidades de bosques latifoliados nublado, húmedo y semihúmedo; y en algunos lugares, hacia el norte y el este, con el bosque seco y matorral seco respectivamente. Tanto en el bosque de conífera denso como abierto, el *Pinus occidentalis* o pino criollo, es la especie que domina el estrato arbóreo.

Tabla 1. Yacimientos Mineros de Pedernales

Minerales	Localización
Bauxita metalúrgica	Aceitillar (Parque Sierra de Bahoruco)
Bauxita para cemento	Las Mercedes, km. 20 Carretera Alcoa
Caliza para cemento	Cabo Rojo, Peblique, Las Mercedes
Caliza para agregados	Cabo Rojo, Peblique, Los Olivares
Dolomita	Cabo Rojo
Caliza Ornamental	Cabo Rojo, Oviedo

Material y métodos

a) Escenarios de estudio

El primer escenario de estudio se sitúa en el Parque Nacional de Bahoruco (hoy incluido en la única reserva de la biosfera que tiene República Dominicana), en la zona correspondiente a la provincia de Pedernales en este país. Por muchos años la actividad minera fue sinónimo de la existencia misma de esta provincia en el territorio dominicano. De hecho, puede decirse que la dicha demarcación geográfica se debe en gran medida al desarrollo de la actividad minera, puesto que se crea en 1958, con motivo de la firma de contrato entre el país dominicano y la empresa norteamericana Alcoa Exploration Company para que explotase la bauxita. Así lo vino haciendo esta empresa hasta 1983 en que fueron suspendidas sus actividades debido a que la industria del aluminio se vio afectada por la bajada de los costos de producción, a nivel internacional. La explotación de la bauxita metalúrgica en el parque nacional se ha llevado a cabo en pleno bosque tropical húmedo de coníferas en cuyas áreas domina el pino criollo (*Pinus occidentalis*) en su estrato arbóreo, tanto se trate de un bosque denso como abierto. Para una restauración adecuada de las escombreras que ha dejado la explotación de la bauxita, se ha realizado un análisis de la capa superficial del suelo tomando muestras en diferentes zonas del bosque sin destruir, así como en las mismas escombreras dejadas por la explotación. En Hernández y Pastor (2007) se exponen los criterios que se han tenido también en cuenta para comenzar a plantear alternativas realistas de restauración ecológica.

Otros escenarios de estudio corresponden a suelos representativos del bosque seco, latifoliado y de la sierra de Bahoruco, que presentan más de un metal en su capa superficial edáfica (Hernández et al., 2007) y en los que hemos cultivado maíz y sorgo, como cultivos idóneos para las zonas del territorio susceptibles de ser fitorremediadas.

b) *Los análisis químicos* se realizan según se exponen en Hernández et al (2006).

Resultados

1. La restauración del bosque tropical húmedo de coníferas después de una explotación de bauxita

Hemos comenzado a estudiar la restauración de escombreras después de la explotación de la bauxita. Las explotaciones de bauxita en bosques tropicales de la única reserva de la biosfera que tiene la República Dominicana, deja grandes superficies y escombreras que son de gran interés para la restauración del impacto producido, dado la relevancia ecológica del lugar donde se ubican. Sabiendo que es necesario conocer la sucesión ecológica como proceso de referencia para llevar a cabo una restauración realista, este trabajo se propone mostrar los resultados obtenidos del estudio de dos poblaciones vegetales de una de sus especies, pionera en esos ecosistemas. Se trata de una gramínea nativa de la familia de las poáceas, *Schizachyrium gracile*, que ha sido recogida tanto en su ambiente natural como cuando crece espontáneamente, en el proceso de sucesión secundaria, encima de las escombreras que ocupan el lugar del antiguo bosque tropical de pino (*Pinus occidentales*), totalmente destruido por la explotación de la bauxita.

En las tablas 2 y 3 se muestran los valores medios que alcanzan los parámetros edáficos que pensamos deben tenerse en cuenta para acometer con realismo una restauración ecológica.

Tabla 2. Contenidos de M.O, N total y nutrientes en los suelos de bosque y en las escombreras de las antiguas explotaciones de bauxita y cálculo de la U de Mann-Whitney para evaluar diferencias entre ambos tipos de suelos.

Ecosistemas		MO %	N %	pH	P ₂ O ₅	P total	Ca	Mg	K	Na
Bosques	M.	4,68	0,132	7,46	0,36	137,76	345,17	5,27	3,04	2,53
	d.t.	1,73	0,018	4,51	0,45	172,29	120,65	0,40	0,27	0,76
Escombreras	M.	2,85	0,081	7,99	0,88	580,36	373,50	2,20	2,33	2,23
	d.t.	4,07	0,084	0,14	0,63	389,55	135,74	1,70	2,15	2,20
U de Mann-Whitney		*	*			*		*	*	

* significación al 95%

Para una restauración adecuada de las escombreras que deja la explotación de la bauxita, se ha realizado un análisis de la capa superficial del suelo en diferentes puntos del bosque sin destruir, así como en las escombreras. En las mencionadas tablas, se muestran los valores medios que alcanzan en bosques y escombreras para las distintas variables edáficas relacionadas con la fertilidad: M.O.; N total, P₂O₅ asimilable P total (mg/Kg) y Ca, Mg, K y Na cambiables (mg/100g), con el Al, Fe (%), Mn y metales pesados (mg/Kg) y cálculo de la U de Mann-Whitney para conocer si existen diferencias significativas ambos tipos de suelos.

Podemos ver que existen diferencias significativas en los contenidos de M.O., N y P totales, Mg y K cambiables. En todos los casos, menos para las variables relacionadas con el P, los contenidos fueron más elevados en los suelos de bosque.

Tabla 3. Contenidos de Al y Fe (%), Mn y metales pesados (mg/Kg) en los suelos de bosque y en las escombreras de las antiguas explotaciones de bauxita y cálculo de la U de Mann-Whitney para evaluar diferencias entre ambos tipos de suelos.

Ecosistemas		Al %	Fe %	Cd	Cr	Cu	Mn	Zn	Ni	Pb
Bosques	M.	15,90	0,61	17,16	230,38	66,77	1028,69	96,41	89,59	23,84
	d.t.	11,58	6,06	5,52	98,87	31,57	590,74	67,41	51,98	15,93
Escombreras	M.	21,01	1,07	23,75	195,95	104,31	1819,51	124,34	130,82	30,93
	d.t.	7,14	4,10	12,71	34,07	41,47	638,54	11,25	37,15	3,99
U de Mann-Whitney			*			*	*		*	

* significación al 95%

En cuanto a los restantes elementos, existieron diferencias significativas para Fe, Cu, Mn y Ni. En todos los casos, los contenidos más elevados se encontraron en las escombreras.

En la actualidad estamos estudiando una especie de gramínea, el "aceitillo" (*Schyzachyrium gracile*), que crece en escombreras y también en claros de bosque, para conocer su posible interés en la recuperación-revegetación de los suelos degradados por la minería.

De las poblaciones estudiadas (con 3 replicaciones cada una) recogidas en el ecosistema inalterado y otras 3 (con las consiguientes 3 replicaciones) en el ecosistema degradado, se muestran los resultados en la tabla 4. Los análisis químicos de las partes aéreas de los diferentes ejemplares recogidos en uno y otro ecosistema muestran, en un análisis de la varianza, la existencia de diferencias significativas y altamente significativas, para los niveles de macronutrientes: N, Ca, Mg, K y Na. Igualmente para los micronutrientes: Fe, Mn, Zn y Cu. Existían también diferencias significativas o fiables para los metales pesados: Cd, Ni y Cr. También existían diferencias altamente significativas para el Al y no se detectó presencia de Pb y As en las plantas.

Los contenidos medios más elevados de N, P, K y Mg, se presentaron en las muestras del ecosistema no alterado, mientras que los contenidos medios de Ca, Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Cr, Ni y especialmente de Al, se observaron en las muestras de las poblaciones del ecosistema degradado. Las diferencias en los contenidos medios, según su distinta procedencia, son especialmente elevados en el caso del Fe (1803,1 frente a 224,7 mg/Kg) y Al (3648,9 frente a 269,4 mg/Kg).

Tabla 4. Composición del "aceitillo" en un paraje natural (Pelempito) y en las escombreras dispersas de bauxita.

"Aceitillo"	% N	Ca	Al	P	Fe	K	Mg	Mn	Na	Cu	Zn	Pb	Cd	Cr	Ni
Parte Aérea															
Pelempito	0,713	4448	269	823	225	4106	690	28	87	5,3	36,3	0,0	0,08	3,03	0,74
(9)	0,106	497	168	379	127	1500	162	17	28	3,6	11,4	0,0	0,23	3,71	0,94
Bauxita	0,448	7579	3649	411	1803	2467	511	226	152	14,7	71,2	0,0	1,96	6,48	6,57
(9)	0,049	809	2347	107	1139	795	137	123	37	4,5	24,2	0,0	0,43	5,76	6,15
Raíz															
Pelempito	0,591	2813	778	894	542	3154	619	45	272	13,3	98,6	0,0	0,00	2,63	0,0

(5)	0,093	654	208	271	135	611	146	16	150	2,4	31,0	0,0	0,00	1,80	0,0
Bauxita	0,369	2900	1012	222	542	1383	288	69	170	12,0	93,6	0,0	3,53	3,34	1,56
(7)	0,044	910	247	124	137	521	108	26	92	3,3	25,8	0,0	1,06	2,92	1,62

Las diferencias son menos acusadas en las raíces, en donde igualmente los contenidos más elevados (las diferencias entre procedencias, eran significativas) de N, P, K y Mg, se observaron igualmente en las poblaciones del ecosistema inalterado. Los contenidos medios de Cd, Mn y Ni fueron más elevados en el ecosistema degradado (con diferencias significativas o fiables). También fue más elevado el contenido de Al, pero sin existir diferencias significativas.

El estudio químico de este material se completó además con la observación de las poblaciones a nivel celular por microscopía electrónica (SEM de presión controlada o bajo vacío). Inicialmente a nivel radicular. 37 fueron los análisis efectuados de células y de sus fitolitos; 21 de células de plantas del ecosistema inalterado y 16 del ecosistema degradado. Con este método pudimos observar además otros elementos: Si, Ti, S y Cl. Las observaciones de los contenidos en metales, son en buena parte coincidentes con lo anteriormente expuesto, especialmente en la mayor riqueza de P y K en las células de las plantas del ecosistema natural. Pero en este caso pudo verse una mayor relevancia del Al y Fe, así como del Si, Ti y Cl en las células de las plantas que crecen en la mina de bauxita.

Finalmente, se concluye que esta especie es especialmente acumuladora de Al en su parte aérea en suelos básicos del ecosistema degradado, hasta 9320 mg/Kg puede acumular en su parte aérea. Ello es de gran interés pues puede evitar que el Al pase al agua que lava estos suelos, pues se ha visto en el agua de pozas del área contenidos de Al claramente perjudiciales, que la presencia de esta planta puede minimizar, al tiempo que fija unos suelos de pendientes muy acusadas, y por ello fuertemente erosionables. Finalmente indicaremos que también capta cantidades variables de Cu, Zn, Cd, Cr y Ni.

2. Maíz y sorgo como plantas fitorremediadoras de metales de origen edafogénico

Los resultados obtenidos para dos especies cultivadas (maíz y sorgo) creciendo en cuatro tipos de suelos representativos de la provincia de Pedernales (tabla 5), pueden ser interpretados desde la óptica de la fitorremediación. Es decir, que estas plantas pueden cultivarse para fitorremediar suelos que tengan contenidos de metales pesados en su capa superficial, hecho frecuente en el territorio de estudio: casos de zonas del bosque seco (suelos 1 y 2 de la tabla aludida), zonas del bosque latifoliado (suelo 3) y zonas alteradas por la explotación de bauxita (suelo 4).

Tabla 5. Metales presentes en los suelos (mg/Kg) donde han crecido el maíz y el sorgo. (Los niveles de referencia corresponden a normativa europea)

Totales mg/Kg	Nivel Referencia por encima contamina				
	Suelo 1	Suelo 2	Suelo 3	Suelo 4	
Cr	68,7	171	103	50,6	
Ni	89,8	180	234,5	165,6	
Cu	72	259	259	165	
Zn	139	148	504	121	
Cd	8,4	37	28,8	42,6	

Pb	50	13,5	31	36,5	30
Al total	-	52,170	n.d.	167,510	176.210
Al Asimilable	-	44	n.d.	685	169

Tabla 6.- Metales pesados (mg/Kg) en hojas de maíz correspondiente a cuatro Poblaciones.

		Zn	Cu	Al	Cd	Cr	Ni
Suelo 1	media	29,8	6,5	789,29	0,11	10,2	10,0
	<i>desv,tip,</i>	5,8					
Suelo 2	media	44,7	25,6	1093,8	3,2	5,70	10,9
	<i>desv,tip,</i>	13,4	28,3	62,1	0,7	2,443	0,3
Suelo 3	media	45,5	10,2	1984,6	19,4	10,26	14,2
	<i>desv,tip,</i>	18,0	1,8	831,6	4,3	3,222	3,4
Suelo 4	media	41,9	7,0	1399,0	23,4	4,03	10,4
	<i>desv,tip,</i>	14,1	0,6	679,2	5,3	0,611	2,3

Tabla 7. Contenido en Al y metales pesados (medias y desviaciones típicas) en raíces de maíz

Suelos	<i>Metales</i>							
	Al	Mn	Cu	Zn	Pb	Cd	Cr	Ni
Suelo 1	3317	269	28,2	156	0	10,2	5,4	10,9
	<i>dt</i>	721	112	11,8	19	0	3,4	1,8
Suelo 2	3836	184	25,8	95	0	0,6	9,9	11,9
	<i>dt</i>	1133	44	9,1	16	0	0,6	1,5
Suelo 3	4954	153	19,6	107	0	10,1	21,7	11,1
	<i>dt</i>	2009	85	2,9	39	0	2,4	12,2
Suelo 4	2394	120	32,7	88	0	44,4	8,7	7,8
	<i>dt</i>	1994	71	32,2	33	0	27,9	4,5

Tabla 8. Al y Metales pesados (mg/Kg) en hojas del Sorgo

Sorgo		Al	Cr	Ni
Suelo 1	media	224,8	8,4	7,4
	<i>desv,tip,</i>	114,4	0,9	1,4
Suelo 2	media	338,2	9,4	7,5
	<i>desv,tip,</i>	129,9	1,9	1,2
Suelo 3	media	298,0	4,8	4,3
	<i>desv,tip,</i>	119,4	0,3	0,3
Suelo 4	media	871,7	4,5	4,9
	<i>desv,tip,</i>	20,3	0,2	0,9

Tabla 9. Al y Metales pesados en raíz de sorgo.

Localidad		Al mg/Kg	Cd mg/Kg	Cr mg/Kg	Ni mg/Kg
Suelo 1	media	1093,8	3,20	5,70	10,9
	<i>desv,tip,</i>	62,1	0,72	2,44	0,35
Suelo 2	media	1984,6	19,39	10,26	14,23
	<i>desv,tip,</i>	831,6	4,27	3,22	3,41
Suelo 3	media	1399,0	23,37	4,03	10,37
	<i>desv,tip,</i>	679,2	5,73	0,61	2,31
Suelo 4	media	3011,0	37,07	17,04	15,99
	<i>desv,tip,</i>	24,8	1,48	0,39	1,94

Conclusiones

Las explotaciones de bauxita en bosques tropicales de la única reserva de la biosfera que tiene la República Dominicana, deja grandes superficies y escombreras que son de gran interés para la restauración del impacto producido, dado la relevancia ecológica del lugar donde se ubican. Sabiendo que es necesario conocer la sucesión ecológica como proceso de referencia para llevar a cabo una restauración realista, este trabajo muestra los resultados obtenidos del estudio de dos poblaciones vegetales de una de sus especies pioneras de la sucesión secundaria (*Schizachyrium gracile*). Se concluye que esta especie es especialmente acumuladora de Al en su parte aérea en suelos básicos del ecosistema degradado, hasta 9320 mg/Kg puede acumular en su parte aérea. Ello es de gran interés pues puede evitar que el Al pase al agua que lava estos suelos, pues se ha visto en el agua de pozas del área contenidos de Al claramente perjudiciales, que la presencia de esta planta puede minimizar, al tiempo que fija unos suelos de pendientes muy acusadas, y por ello fuertemente erosionables. Finalmente indicaremos que también capta cantidades variables de Cu, Zn, Cd, Cr y Ni..

Los contenidos de Cd captados por las hojas del maíz creciendo en suelos correspondientes a los bosques latifoliado y de pino, son importantes con respecto a los contenidos pseudototales de este elemento existentes en dichos suelos, podría por ello ser considerado el uso del maíz para disminuir las importantes cantidades de este elemento, siempre que luego fuera empleado, ya seco como alimento del ganado o alimento verde. La captación de Cu que también realiza puede tener un interés complementario.

El sorgo no tiene esa facultad acumuladora del Cd. Solo lo captan sus raíces, pero no la parte aérea, lo que lo hace menos peligroso para el consumo forrajero.

Agradecimientos: al Proyectos CTM 2005-02165/TECNO del MEC. .

Bibliografía

- Hernández, A. J. Aaxis, S.; Fernández-pascual, M. y Pastor, J. 2006. Estudio de la nutrición mineral de *Phaseolus vulgaris* L. en suelos de cultivo que contienen metales pesados. En *Nutrición Mineral. Aspectos fisiológicos, agronómicos y ambientales*. C. Lamsfus (Coord-Edit). Ed. Universidad Pública de Navarra: 573-580

- Hernández, A. J. y Pastor, J. 2007. La restauración ecológica de ecosistemas degradados: marcos conceptual y metodológico. En *Contaminación de suelos. Tecnologías para su recuperación*. Ed. CIEMAT: 61-82
- Hernández, A. J.; Alexis, S. and Pastor, J. 2007. Soil degradation in the tropical forests of the Dominican Republic's Pedernales province in relation to heavy metal contents. *The Science of the Total Environment*, 378: 36-41
- Tolentino, L. & Peña, M^a. 1998.- Inventario de la vegetación y uso de la tierra en República Dominicana. *Moscosa*, 10: 179-203

REFLEXIONES ACERCA DE LAS ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN EL TERRITORIO DE PEDERNALES TENIENDO EN CUENTA LOS SERVICIOS DE SUS ECOSISTEMAS TERRESTRES

Resumen

Se describen algunas propuestas estratégicas de intervención en el territorio de Pedernales, basadas en la disponibilidad de los servicios de sus ecosistemas terrestres, deducidas del trabajo de investigación desarrollado tanto para el conocimiento de los suelos, como de los agroecosistemas y la percepción ambiental de las gentes de esta región transfronteriza de la república Dominicana-Haití. Se trata de una reflexión pragmática teniendo en cuenta los objetivos y metas del milenio como instrumentos para la reducción de la pobreza. Esta reflexión se encamina a proponer algunas estrategias que puedan implementar las acciones a medio y largo plazo a través del enfoque Investigación Acción Participativa (IAP). Este enfoque está encaminando hacia la búsqueda de soluciones concretas a problemas de la provincia de Pedernales.

Palabras clave: investigación participativa, líneas programáticas

Introducción

La sustentabilidad del manejo de los ecosistemas es un tema que cada vez capta mayor atención entre investigadores, conservacionistas, gestores políticos y sociedad en general. Los ecosistemas normalmente son explotados para obtener prioritariamente uno o varios servicios, habitualmente a expensas de otro (Montes et al, 2007). La intensificación de la agricultura, por ejemplo, puede satisfacer las demandas locales de producción de alimentos pero también puede implicar la destrucción de bosques para sustituirlos por tierra de cultivos. Esto supone una reducción del suministro de madera, la disminución de la biodiversidad y la contaminación de las aguas de los ríos que afectaría a las pesquerías y al abastecimiento de agua de calidad. Entender y abordar estos procesos de pros y contras (trade-offs) es esencial para una gestión efectiva de los ecosistemas (Money et al., 2005). Sin embargo, la permanente transformación del territorio o de evolución del mismo requiere una visión integral de gestión global de los espacios y usos, que ensamble y compatibilice el desarrollo económico y social con la conservación, la protección y la recuperación de procesos ecológicos degradados y la revalorización de multitud de variables ambientales afectadas por las actividades humanas de consumo y producción (Baigorri, 2001).

Asimismo, el avance hacia el desarrollo sostenible y el mantenimiento y restauración de las funciones de los ecosistemas requiere el establecimiento de estrategias con distintos tipos de enfoques, incluyendo estrategias sectoriales (transporte, agricultura, etc.), estrategias temáticas (cambio climático, biodiversidad) y estrategias locales (estrategias de desarrollo local), al igual que medidas específicas de la gestión que varía en función de las condiciones ecológicas (Catie, 2005). Sin embargo, para hacer frente a esta problemática tan amplia es necesario actuar en el ámbito local (Rojo et al, 1999).

La provincia y la cuenca de Pedernales presenta una transformación continua de cambio de uso de sus suelos, que representa la actividad principal. Estas actividades de explotación, por lo general no están sujetas a planes de manejo por parte del que las aprovecha. Para la conciliación de las actividades productivas agropecuaria y forestal, con la conservación de

los recursos naturales existentes representa una necesidad y un gran desafío para nuestra zona de estudio.

Las estrategias tienen dos objetivos básicos: la construcción de un marco general de referencia para el desarrollo sostenible de la provincia de Pedernales y la movilización y dinamización de los recursos naturales existentes en la provincia. Ellos se centran en: a) alcanzar un manejo sostenible de los recursos naturales renovables; b) reducir la vulnerabilidad ante riesgos naturales; c) fomentar el desarrollo empresarial y la diversificación económica y d) fortalecer la institucionalidad provincial, especialmente de los gobiernos locales y mejorar la capacidad organizativa de las comunidades.

Estrategias articuladas a los servicios de los ecosistemas

a) Estrategia vinculada a Los Servicios de Suministro

Esta estrategia podemos vincularla a la capacidad para acceder a los recursos y así obtener un ingreso que permita contar con medios de subsistencia, con su implementación se facilitara la *Reconversión productiva*. En términos generales la reconversión productiva se refiere a la introducción de cambios en los procesos de producción, basados en las condiciones agroecológicas y la competitividad de la región, orientados a lograr nuevos objetivos (Aubert et al, 2001). En el contexto de la provincia de Pedernales, esta reconversión productiva se puede enfocar a promover cambios en la producción de la zona, orientados a la producción de bienes y servicios más competitivos, en los mercados locales, nacionales y transfronterizos. Ello implica la definición de mecanismos de retribución de estos servicios por parte de la población localizada en las cuencas media y baja, y que esta retribución sea reinvertida en la cuenca alta (es decir pagos por servicios de los ecosistemas).

Otro elemento a considerar es la *diversificación de las fuentes de ingresos*, donde se fomentará la diversificación de las actividades productivas empresariales (agrícola, pecuaria, forestal, artesanal, comercial, turismo) desarrolladas por los habitantes de la provincia. Estas actividades se amparan en la valoración ambiental del medio, tomando en cuenta la importancia de los bosques al momento de gestionar los recursos de los que dispone la provincia, que son el valor ecológico, el valor funcional, el valor productivo y valor científico-cultural

Y como último elemento, *la generación de valor agregado* en el sector agropecuario y forestal: Se fomentará la agregación de valor a la producción primaria generada en las unidades productivas (producción limpia, orgánica. Por ejemplo), para generar mayores ingresos a las microempresas y familias rurales, esto permitirá tener mejor posicionamiento en los mercados locales, regionales, nacionales e transfronterizos.

b) Estrategia vinculada a Los Servicios de Regulación

Esta estrategia enfoca sus acciones a la *Gestión de Riesgos*, en la prevención y mitigación de la contaminación ambiental, evitar la degradación de los suelos y proteger la cubierta forestal. Se promoverá la generación de servicios de los ecosistemas relacionados con la regulación hídrica y la biodiversidad. Se orientarán las acciones para la conservación, recuperación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales (agua, suelo y bosque) y la disminución del riesgo por desabastecimiento de agua. Las acciones a implementar tendrán en cuenta la gestión local del riesgo como elemento clave desde la planificación, especialmente para la reducir la vulnerabilidad y riesgos por eventos naturales y antrópicos. Así también permitirá fomentar la producción ecológica de alto potencial económico y bajo

impacto ambiental. Enfocándose en tres áreas prioritarias: i) el manejo sostenible de los recursos hídricos, ii) la generación de bienes y servicios ambientales diversos, y iii) la prevención y mitigación de riesgos.

c) Estrategia vinculada a Los Servicios culturales

Esta estrategia da prioridad a aquellas áreas que por su composición paisajística o emblemáticas para la identidad cultural, permitan una gestión basada en los valores estéticos y recreativos asociados a los ecosistemas terrestres presentes en este territorio, así como también la oportunidad para observar, estudiar y aprender de estos ecosistemas. Se fomentaran pues las actividades vinculadas a itinerarios ecológicos diseñados por expertos en el conocimiento científico y en la educación ambiental contextualizada para esta zona directamente vincula a la reserva de la biosfera dominicana.

Ejes de intervención de las estrategias y su vinculación con los componentes.

Están fundamentadas en la propuesta de Ejes de Intervención que constituyen las áreas programáticas prioritarias a medio y largo plazo (tabla 1)

Tabla 1. Ejes de intervención de las estrategias y su vinculación con los componentes de las estrategias.

COMPONENTES DE LAS ESTRATEGIAS	EJES DE INTERVENCIÓN			
I. Manejo de recursos naturales (<i>vinculada a los Servicios de Suministro</i>)	1. Producción competitiva de productos agropecuarios y forestales	2. Gestión integrada de recursos hídricos, saneamiento e infraestructura básica	3. Producción y valorización de servicios ambientales	4. Desarrollo de procesos y productos para la bioremediación de ecosistemas contaminados
II. Prevención y mitigación de desastres (<i>vinculada a los Servicios de Suministro</i>)	5. Desarrollo de sistemas para la gestión local de riesgos			
III. Diversificación económica con competitividad (<i>vinculada a Los Servicios de Regulación</i>)	6. Desarrollo y diversificación empresarial de productos agropecuarios y forestales			
IV. Fortalecimiento institucional (<i>vinculada a Los Servicios culturales</i>)	7. Desarrollo de capacidades para la gestión integral de la provincia			

Ejes de Intervención

Con base en las potencialidades y limitaciones de la provincia de Pedernales, se han definido unos ejes estratégicos, por medio de los cuales se desarrollará las acciones de intervención. La tabla 1 ordena el vínculo que tiene cada uno de los siete ejes de intervención propuestos con los cuatro componentes de las estrategias. Se señala que aunque cada eje está asociado a un componente en particular, no se descarta el vínculo o cobertura con otro componente o subcomponente de las estrategias.

Líneas de acciones por ejes de intervención.

Cada línea de acción contempla la ejecución de actividades relevantes y serán monitoreadas y evaluadas, instrumento que permite asegurar el correcto cumplimiento de las actividades y de los resultados, y también su reconducción en caso fuese necesaria.

a) **Eje de intervención 1.** Producción competitiva de productos agropecuarios y forestales. (*Servicios de suministros*)

Se propone la reconversión de sistemas de producción agropecuarios tradicionales hacia sistemas sostenibles con productos de alto potencial de mercado. En el aspecto forestal se promoverá el manejo diversificado de los sistemas existentes, con criterios de sostenibilidad. Este eje de intervención contempla las siguientes líneas de acción:

- Producción sana y de calidad de productos agrícolas.
- Modernización de sistemas pecuarios tradicionales a sistemas sostenibles y con valor agregado.
- Diversificación de la producción de bienes y servicios forestales.

La producción competitiva y diversificación de productos agropecuarios mejorará las opciones de ingreso de las familias, por la vía de la diversificación y reconversión de las unidades de producción. De la misma manera, se debe facilitar el mercadeo de los productos agropecuarios, mejorando la cadena de valor y fomentando el desarrollo de micro y pequeñas empresas vinculadas a la agregación de valor de los productos.

Por otro lado, la diversificación de productos forestales ampliará las opciones de producción que promuevan la formación de pequeñas y medianas empresas y contribuirá a la solución de problemas identificados como: la escasa diversidad de productos aprovechados (madera, leña), el bajo rendimiento y los altos costos en los aprovechamientos forestales. Esta estrategia sugiere incentivar a los productores forestales para un manejo respetuoso de los dos parques nacionales de la provincia y en especial el bosque seco.

El ámbito de acción de este eje es a nivel de la cuenca alta, del bosque seco y de la zona de Mapioro, enfocado en las zonas con mayor potencial de desarrollo agropecuario y forestal, dirigido a grupos de productores de pequeña y mediana escala organizados en asociaciones o cooperativas.

b) **Eje de intervención 2.** Gestión integrada de recursos hídricos, saneamiento e infraestructura básica (*Servicios de suministros*)

Para impulsar una adecuada regulación hídrica y ambiental de la provincia se debe desarrollar acciones para el manejo de áreas de recarga y fuentes de agua potable, con fines de mejorar su calidad y cantidad. Así mismo, se promoverá el manejo de desechos sólidos y aguas servidas para reducir la contaminación ambiental.

Para esto se desarrollarán las siguientes líneas de acción:

- Ordenamiento municipal y comunitario para el manejo de los recursos agua y bosque.

- Manejo integral de los desechos sólidos y líquidos.
- Promoción de saneamiento básico en áreas rurales de la provincia.

La gestión integrada de los recursos hídricos se orientará hacia la mitigación de las fuentes principales de contaminación hídrica, entre las que destacan: desechos sólidos, el tratamiento de las aguas servidas. Se deben realizar actividades de capacitación, promoción, sensibilización y asistencia técnica para la implementación de prácticas que incrementen los niveles de cobertura de saneamiento básico, estabilización de la cobertura forestal y conservación de suelos y agua. Esta acción se realizará en los municipios de Pedernales y de Oviedo al igual en la cuenca alta del río de Pedernales

c) **Eje de intervención 3.** Producción y valorización de servicios de los ecosistemas. (*Servicios de suministros*)

Para la protección de espacios con alto valor natural como es el bosque tropical es necesario la protección de áreas suficientemente representativas de hábitats naturales o culturales, gestionadas prioritariamente para su conservación, lo que debe ser parte esencial de toda estrategia integrada de gestión que permita mejorar la conservación, conocimiento y usos sostenibles de los recursos naturales en estos ecosistemas (Kammernerbauer *et al.*, 2001). Un punto de partida es las áreas protegidas existentes, contenidas en la reserva de la Biosfera, con algunas áreas antropizadas. Asimismo se debe fomentar el diseño y ejecución de mecanismos de compensación económica para la conservación de estos dos parques y del agua en la provincia, mediante propuestas y experiencias piloto a nivel local (Municipalidades y sociedad civil). Las líneas de acción a desarrollar en este sentido son:

- Diseño y validación de sistemas de pago por servicios de los ecosistemas.
- Manejo y/o co-manejo participativo de las dos parques nacionales protegidas y lugares de interés.

Los mecanismos de compensación económica permitirán reconocer y valorar los servicios de los ecosistemas generados en la provincia, tales como: regulación hídrica, protección de la biodiversidad, mitigación del cambio climático y mitigación de riesgos. Estos mecanismos deben basarse en la sostenibilidad de los recursos naturales que generan estos servicios.

Para el fortalecimiento de la conservación en estas áreas naturales protegidas se propone desarrollar acciones diversas que contribuyan al mantenimiento de las áreas y sus funciones ecológicas de acuerdo a los nuevos enfoques participativos (Evison y Jürgen, 2000). Los impactos esperados incluyen: conservación de la biodiversidad, regulación microclimática, protección del suelo, reducción de la producción de sedimentos y mejoramiento de la calidad y cantidad de agua en la zona. Las áreas destinadas a estas actividades son los dos parques nacionales, los manglares y las humedades y de Cabo Rojo, la laguna de Oviedo.

d) **Eje de intervención 4.** Desarrollo de procesos y productos para la biorremediación de ecosistemas degradados. (*Servicios de suministros*)

Si una de las desventajas de la fitorrecuperación en relación a fines prácticos e industriales, es el relativamente largo proceso de tiempo necesario para la recuperación de los suelos afectados por metales pesados (Pastor *et al.*, 2007). Pensamos que dicho aspecto se podrá paliar en parte siempre que conozcamos los procesos ecológicos implicados en estos sistemas y podamos combinar o aplicar especies idóneas a dichos fines. De ahí, la formulación de los objetivos científicos que nos proponemos alcanzar. Su interés radica en el hecho de poder conjugar distintas técnicas basadas en métodos naturales a la vez de utilizar plantas autóctonas e indicadoras de recuperación, aspecto no tratado hasta la fecha,

en el país, para la restauración de suelos sometidos muchas veces al doble impacto de la degradación física y por contaminación. Se desea pues responder a la utilización de técnicas respetuosas con el medioambiente para resolver problemas medioambientales específicos del territorio de estudio.

Para el logro de los objetivos, se plantea la implementación de un conjunto de acciones estratégicas en el ámbito político e institucional, a nivel de las municipalidades y de los sitios degradados, y con la participación de los organismos internacionales de cooperación y de las universidades nacionales e internacionales para la investigación de estos temas.

Las acciones más relevantes se describen a continuación:

- Evaluar la aplicación conjunta de diferentes técnicas de fitorremediación de suelos con metales pesados aplicando cultivos extractantes de los mismos, que puedan ser cosechados y no consumidos.
- Seleccionar especies autóctonas que puedan ser idóneas para la fitorrecuperación de suelos con metales pesados (esencialmente Zn, Cu, Cd, Pb, Ni, Cr y Al).
- Fortalecimiento en la gestión municipal en materia de manejo de residuos sólidos, con la regulación de los vertederos municipales incontrolados especialmente en el bosque seco y la recuperación de los espacios afectados por los mismos
- Reducción de la erosión en terrenos agrícolas de granos básicos, como la habichuela en terrenos con fuertes pendientes con la implementación de especies protectoras y de acción de aporte de nutrientes al suelo.

Al mismo tiempo que se puede estar llevando a cabo estas investigaciones de recuperación de zonas degradadas, se propone incentivar a los agricultores de las zonas de altos riesgos de contaminación de sus cultivos para que cultiven durante 5 años estos terrenos y que las cosechas sean incineradas, siguiendo las normativas existentes para estos fines y bajo la diligencia de la asociación de los agricultores y de la entidad gestora de los procesos de desarrollo sostenible de Pedernales, con el fin de descontaminar estos suelos. Como compensaciones estos agricultores deberían participar en el co-manejo de las áreas protegidas y en las actividades de microempresas forestales.

Las zonas recomendadas para estos fines corresponden a las localidades de Mongote, Sitio nuevo, el Aceitillar, el bosque Latifoliado, el bosque seco, y los olivares.

e) **Eje de intervención 5.** Desarrollo y diversificación empresarial de productos agropecuarios y forestales. (*Servicios de suministros*)

Se deben fomentar la creación y consolidación de micro empresas de productos agropecuarios, forestales y artesanales, con un enfoque de integración en la cadena de valor agregado (producción y comercialización) que permita fortalecer el arraigo por lo autóctono, el fortalecimiento del tejido empresarial en la provincia.

Se definen cinco líneas de acción:

- Desarrollo de micro empresas rurales agropecuarias, en horticultura, alimento para ganado e insumos orgánicos.
- Desarrollo de micro empresas cafetaleras de la zona alta de la cuenca.
- Desarrollo de micro empresas de productos forestales.
- Formación y consolidación de pequeñas y medianas empresas de artesanos.
- Diseño y comercialización de productos artesanales de calidad.

Para lo anterior se deben promover acciones que incorporen el valor agregado a la producción y participación en la cadena de comercialización. Se deben fortalecer la capacidad competitiva de las microempresas creadas mediante la organización, capacitación, asociatividad y diversificación de productos especializados. El desarrollo empresarial artesanal fomentara el empleo y la generación de ingresos para varios sectores de la población: artesanos, dueños de tiendas, microempresas turísticas, y otros.

Las zonas a ser priorizados para el desarrollo de esta estrategia son: Mencia, la Altagracia, centro de Pedernales, las comunidades de Manuel Goya, Oviedo y La Colonia.

f) Eje de intervención 6. Desarrollo de sistemas para la gestión local de Riesgos (*Servicios de Regulación*)

Debido a las condiciones de vulnerabilidad de amenazas naturales y antrópicas en la provincia, se aconseja de desarrollar capacidades en las Municipalidades y sociedad civil para implementar planes y proyectos de gestión local de riesgo. Así mismo, se deben ejecutar intervenciones de infraestructura para la prevención y mitigación de riesgos. Las líneas de acción propuestas son:

- Formación de redes interinstitucionales (instituciones de gobierno-municipalidades organizaciones comunitarias) de apoyo a la gestión local de riesgos.
- Planificación y ordenamiento territorial para el desarrollo municipal con enfoque de riesgos.
- Diseño y ejecución de obras de infraestructura para la prevención y mitigación de riesgos.

Se propone que la sociedad civil y gobiernos locales conozcan y ejecuten acciones bajo el enfoque de gestión de riesgo para reducir la vulnerabilidad frente a las amenazas naturales y antrópicas y contribuir así al desarrollo sostenible de la provincia. Se deben planificar y ejecutar acciones de coordinación interinstitucional entre estos dos agentes al igual que cualquier otro agente para la reducción de riesgos.

Para el ámbito de la aplicación de esta estrategia se considera toda la cuenca del río de Pedernales, por ser considerada una de las zonas del país de mayor vulnerabilidad ante desastres naturales, además de sus niveles de marginalidad en lo referente a infraestructura y vivienda.

g). Eje de intervención 7. Desarrollo de capacidades para la gestión integral de la provincia. (*Servicios culturales*);

Se incrementarán las capacidades para la gestión integral en tres niveles: i) crear un entidad de desarrollo provincial con la representación de las diferentes instituciones e instancias de la sociedad civil de Pedernales o refundir las que ya existen en la provincia pero que son muy débiles y con poca representatividad comunitarias y capacitarla, en aspectos organizativos, técnicos, administrativos, legales y de incidencia política; ii) capacidades de los gobiernos locales y organizaciones comunitarias en gestión para el desarrollo socioeconómico y ambiental; iii) identificar necesidades de capacitación y formación en las rutas y circuitos turísticos culturales de la provincia. Para lograr esto, se deberán ejecutar las siguientes líneas acción:

- Creación y fortalecimiento de la capacidad de la entidad gestora en la coordinación e integración de los actores locales y provinciales para el desarrollo sostenible de la

provincia de Pedernales, promoviendo la participación ciudadana con enfoque de género y equidad

- Promoción y fortalecimiento de la asociatividad: mancomunidades, y las organizaciones comunitarios involucrados.
- Fortalecimiento de la gestión técnica, administrativa y financiera de gobiernos locales (municipales y comunitarios).
- Diseñar y facilitar la implementación de un programa orientado a atender las necesidades de capacitación de a micro empresa turística orientada hacia los valores culturales de la provincia.

Se debe estimular y facilitar la integración y concertación de los actores locales hacia lo interno y lo externo, que permita dinamizar las oportunidades para los pobladores de la provincia. Se deben fortalecer las capacidades de gestión técnica, administrativa y financiera de Municipalidades y organizaciones locales, a través de la formación de capital humano y social, y coordinación inter e intra institucional para buscar alianzas estratégicas y sinergias en sus acciones. Este eje es de ámbito provincial.

Conclusiones.

Las estrategias que, a modo de propuestas programáticas, han sido mencionadas, han sido deducidas a partir de haber detectado relaciones entre los problemas ambientales, socioeconómicos y el uso sin límites de los recursos naturales, así como en detectar muchas áreas del territorio afectadas por metales pesados en los suelos a causa de procesos que combinan la acción litogénica con usos no apropiados del suelo. Las consecuencias de esos problemas sobre la capacidad de sostenibilidad del medio ambiente y la vida humana de esta provincia, ponen en evidencia, frente a la realidad socioeconómica frágil de la población, condiciones de subsistencia hoy dramáticas, así como para un futuro poco esperanzador. Asimismo, las estrategias que hemos señalado resaltan las características esenciales del desarrollo sostenible de la provincia en sus ámbitos ambientales, económicos y éticos, como vía imprescindible para encauzar aquellos problemas, y permitir tanto el mantenimiento de los equilibrios naturales básicos de los ecosistemas, como una vida digna para los seres humanos, sin exclusiones.

Bibliografías

- Aubert, C; Escutia, M.2001. Reconversión a la agricultura ecológica, Una realidad para la agricultura mediterránea europea; en Labrador, J. y Altieri, M.A.: Agroecología y Desarrollo; Mundiprensa/Universidad de Extremadura;Badajoz
- Baigorri, A. 2001: Modelos de desarrollo rural y sostenibilidad; en Labrador, J. y Altieri, M.A.: Agroecología y Desarrollo; Mundiprensa/Universidad de Extremadura; Badajoz
- Campilan, D. 2001. Participatory Monitoring & Evaluation and its adaptation to urban and peri-urban agriculture (Trabajo de estudio)
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), 2005. Plan estratégico trinacional. Programa trinacional de desarrollo sostenible para la cuenca alta del río Usumacinta. Guatemala. <http://www.catie.ac.cr>
- De Castro, R; Ferreras, J, 2006. Estrategia Andaluza de Educación Ambiental (EAdeA), Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

- Evison Moyo y Jürgen Hagmann, , 2000. "Facilitating competence development to put learning process approaches into practice in rural extension", en: M. K. Qamar, ed., *Human resources in agricultural and rural development*, FAO, Roma, pp143-146.
- Gloria M. Rubio, 2000. Monitoreo y Evaluación de las Estrategias para Reducir la Pobreza. en Guatemala. Banco Mundial
- Kammerbauer, J.; Cordoba, B.; Escolán, R. & Zeledón, R. V. 2001. Identification of development indicators in tropical mountainous regions and some implication for natural resource policy desing: an integrated community case study. *Ecology Economics*. 36: 45-60.
- Meadowcroft, J. 1999. "The politics of sustainable development: emergent arenas and challenges for political science". *International Political Science Review* 20: 219-237 p.
- ONOPLAN & AECI, 2003. Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de la Provincia de Pedernales, Araucaria Proyecto Batoruco, Sto. Domingo, 140 pp.
- Partor, J; Hernandez, A. J. 2007. La fitorremediación y la revegetación en suelos en le contextop ecologico in: tecnologías para el tratamiento de suelos contaminados. Soil remediation technologies.Ed. Comunidad de Madrid, pp 100-114. ISBN. 978-84-690-3796-6.
- Plastow J., Pantuliano. S. 2001. Participatory Impact Monitoring (PIM) (Trabajo de estudio)
- PNUD, 2005. Programa de Desarrollo Sostenible Área de Gestión de Riesgos en El Salvador.
- SEMARN, 2006. (Secretaría de Estado para el Medio Ambiente y Recursos Naturales). Programa de Acción Nacional de Lucha Contra la Desertificación y Sequía de la Republica Dominicana. Coordinación Nacional Subsecretario de Suelos y Aguas, Grupo Técnico Interinstitucional, Santo Domingo
- Viglizzo E., Pordomingo A.J., Castro M., y Lértora F. 2002. La sustentabilidad Ambiental del agro pampeano. Programa Nacional de Gestión Ambiental Agropecuaria. Ed.INTA.ISBN 987-521-052-8.

CONCLUSIONES GENERALES

La exposición de esta memoria consta de un total de 20 trabajos (artículos y capítulos de libro publicados o en fase de publicación), por lo que en sus respectivas conclusiones se encuentran más detallados los resultados obtenidos de esta investigación. No obstante, a la luz de los objetivos que nos proponíamos alcanzar, se mencionan a continuación las siguientes conclusiones generales.

1. La investigación realizada en el territorio que ocupa la provincia y cuenca transfronteriza de Pedernales (República Dominicana-Haití) en relación al estudio de posibles estrategias para su desarrollo sostenible, ha implicado realizar diferentes estudios de diagnóstico desde las perspectivas natural y social. La dispersión de escasos datos y fuentes de documentación, ha conllevado reunir y sistematizar los conocimientos de que se disponía para esta zona. El análisis y estudio de los mismos ha conducido a extraer los principales ejes en los que se ha centrado la investigación posterior: los suelos, los agroecosistemas, la cuenca hidrográfica y la sostenibilidad de los cultivos

2.- Se han expuestos los marcos operativos de la sostenibilidad y servicios ambientales que, a través del estudio bibliográfico efectuado, teniendo muy cuenta el que proviene de autores latinoamericanos, permite encuadrar las interrelaciones entre desarrollo rural –desarrollo local- agricultura sostenible, perspectiva básica para el territorio de estudio.

3.- El diagnóstico del territorio donde se ubica la provincia y la cuenca de Pedernales (República Dominicana – Haití), se ha presentado desde la evolución histórica de la degradación ambiental de la isla que conforma estos dos países, hasta la caracterización del medio natural y social del área de estudio. Aportamos una recopilación y revisión de la no abundante y muy dispersa documentación de un territorio que en la actualidad se ubica en la reserva de la biosfera única en el país dominicano *Jaragua - Bahoruco-Enriquillo*. Sin duda, este estudio será una buena contribución encaminada a la divulgación de la misma.

4.- Teniendo en cuenta que la capa superficial edáfica juega un importante papel para los recursos naturales que necesitan una gestión sostenible, se han estudiado 79 muestras de suelos ubicados en las principales unidades paisajísticas del territorio: bosques tropicales húmedos de coníferas, bosque nublado, bosque seco, manglares y humedales salubres. Nuestro trabajo aporta una cuantificación suficientemente completa de los parámetros físicos y químicos de los suelos de todos los ecosistemas, tanto de los bosques naturales como de sus usos más frecuentes (explotaciones de mineras y agroecosistemas).

5.- Los muchos parámetros utilizados para el análisis del suelo se han relacionado en primer lugar con la fertilidad y los factores químicos limitantes, como son la carencia o el exceso de algunos metales (Cu, Cd, Al, Zn, Cr, especialmente) y la salinidad. Todos ellos han ayudado a caracterizar los procesos de erosión, degradación, lavado y pérdida de nutrientes. Estos resultados son una importante contribución no solo para los suelos dominicanos, sino para otros muchos suelos tropicales.

6.- Los altos niveles de metales pesados en la capa superficial de los suelos del territorio son de procedencia litogénica, pero con los usos habituales, son susceptibles de pasar a la

componente autótrofa de los agroecosistemas, ocasionando problemas de salud ambiental y probablemente humana. De este hecho se ha derivado el estudio en ambientes controlados, de la repuesta de los principales tipos de cultivos locales creciendo en suelos con metales pesados y que forman parte de la alimentación básica para las poblaciones humanas y el ganado en este territorio: habichuelas rojas y negras (*Phaseolus vulgaris*), guandules (*Cajanus cajan*), maíz (*Zea mays*) y sorgo (*Sorghum bicolor*)

7.- Se ha hecho una evaluación de los conocimientos empíricos que tienen 130 agricultores (campesinos y productores) de la cuenca hidrográfica del río Pedernales, tanto en su parte dominicana como haitiana. Así mismo, se ha analizado la percepción ambiental realizada por 92 personas de la provincia de Pedernales. De estos estudios se deriva que existe la necesidad de capacitar a los agricultores en tópicos ecológicos, especialmente en todo lo referente a la gestión del recurso natural suelo, además de promover una educación ambiental contextualizada para este territorio dirigida tanto a los residentes en el mismo como a sus visitantes.

8.- Nos hemos aproximado a distintas líneas estratégicas que, deducidas de los resultados expuestos en los siete primeros capítulos de esta memoria, puedan contribuir a hacer operativo un desarrollo sostenible en la zona articulado con los servicios de sus ecosistemas terrestres. Así, hemos desarrollado un protocolo metodológico con herramientas SIG que incluye datos edáficos. Y, también la posibilidad de una restauración ecológica de sistemas afectados por metales pesados en la capa superficial de los suelos, mediante una especie pionera de la sucesión ecológica para las escombreras que deja la explotación de bauxita, o por el cultivo de maíz y sorgo como especies fitorremediadoras de metales pesados del suelo

9.- Queremos dejar constancia de la amenaza que está sufriendo el bosque húmedo en la zona de estudio, esencialmente para cultivo de café. Se hace necesario el poder incidir en el futuro próximo, a partir de los estudios realizados por nosotros, en la conservación de las “manchas” inalteradas que quedan de este emblemático bosque tropical en el área del Caribe.

BREVE DESCRIPCIÓN DE TÉCNICAS EMPLEADAS



1. TÉCNICAS ANALÍTICAS PARA SUELOS Y PLANTAS

Se han utilizado las técnicas que mencionan a continuación solamente para análisis de los suelos, así como el empleo de índices que permiten obtener parámetros cuantitativos de procesos edáficos.

a) Granulometría y textura

Se ha utilizado la *técnica de Bouyoucos* que se basa en la densimetría de las dispersiones suelo-agua efectuada en tiempos diferentes para conocer el limo+arcilla y la arcilla y en la ley de Stokes, que relaciona la velocidad de caída de las partículas, en el seno de un líquido, con el radio de estas en función de la temperatura (Hernández y Pastor, 1989). Aunque se ha determinado la granulometría y textura por esta técnica tradicional, se ha procedido también a la utilización de otra más nueva que permite medir el volumen de las partículas del suelo pasamos a describir a continuación con el **aparato Mastersizer-S** de banco largo (Malvern Instrument Ltd., 1997), que utiliza una metodología de difracción y dispersión de luz láser. Este fenómeno se produce cuando un haz de luz atraviesa una suspensión de partículas e incide con ellas, produciendo un patrón de dispersión susceptible de ser analizado cuantitativamente. Permite estimar los tamaños de partículas que han originado dicho patrón. Los modelos teóricos en los que se basa son los definidos por Fraunhofer y Mie (Malvern Instrument Ltd., 1997), considerándose que el primero de ellos se ajusta más a modelos teóricos de confirmación de partículas esféricas y el segundo, a partículas alongadas. No obstante, el software del aparato permite definir factores de forma. Este análisis se realiza por vía seca y húmeda. Para los análisis por vía seca se pueden utilizar muestras menores de 3,2 mm y por vía húmeda sólo se admiten muestras tamizadas por 2 mm. El rango de medida es de 0,05 a 3500µm y dispone de un tanque de dispersión que permite realizar este proceso mediante un agitador rotatorio y un ultrasonido con control de intensidades y tiempo añadiéndose a la cubeta de dispersión 10 cm³ de una solución de hexametáfosfato y carbonato sódico en las proporciones standard dejándolo actuar durante 5 minutos antes de realizar la medida; anteriormente se procede a la determinación del tiempo necesario para obtener completa dispersión de la muestra. Los resultados obtenidos no son de tipo conteo, sino acumulativos respecto a cada uno de los rangos determinados por el conjunto de sensores que dispone el aparato. Esta técnica tiene gran aceptación debido a su alta reproductividad, rapidez de medida y versatilidad.

b) Inestabilidad de Agregados del suelo

La investigación de la inestabilidad de los agregados de un suelo ha conducido a que se hayan elegido tres procedimientos diferentes cuya eficacia esta determinada por el tamizado y una determinación de la fracción en suspensión (Henin et al., 1972). En el momento del tamizado se recogen a la vez agregados y arenas que tienen un diámetro mayor de 0,2 mm. El valor calculado es una imagen de la resistencia de los propios agregados. Se ha visto que la apreciación debía completarse con una medida del porcentaje de las partículas inferiores a 20µ presentes en la suspensión. Se utiliza el símbolo **I_s** que expresa la inestabilidad de los agregados del suelo, y que es tanto más elevado cuando la estructura es menos estable.

c) Medidas de humedad del suelo: curvas de retención de agua en el suelo o curvas de pF

El método de referencia para determinarla consiste en tomar una muestra de suelo tamizada a 2 mm mediante la técnica de la membrana de presión de Richard que consiste en someter la muestra de suelo saturada a diferentes presiones a través de una membrana permeable al agua; a una presión constante, la muestra perderá agua hasta alcanzar el punto de equilibrio entre la presión de succión aplicada y el potencial matricial del suelo. A cada una de las presiones de extracción se le puede asimilar una columna de agua de altura definida cuyo logaritmo es el pF (Hernández y Pastor, 1989). Una vez alcanzado el punto de equilibrio se procede a determinar el contenido de agua en la muestra por gravimetría. Así se determina el contenido del agua para un rango de pF comprendido entre 0 y 4,2, incluyendo los valores de saturación pF, *capacidad de campo* pF= 2,5 y *el punto de marchitamiento* pF= 4,2, también se determino un valor de pF=2. La curva de pF definida a partir de esos puntos, aporta información sobre la distribución del volumen poroso en el suelo.

d) Caracterización mineralógica y morfológica

La caracterización mineralógica de las muestras de suelo ha sido realizada utilizando las técnicas de difracción de rayos X (DRX), espectroscopia de absorción infrarroja (FTIR) y análisis térmico. El estudio difractométrico se realizó en un difractómetro Philips X'Pert; sobre muestras de polvo desorientado, entre 3° y $70^{\circ} 2\theta$; a una velocidad de barrido de $1^{\circ}/\text{min}$. En el estudio por espectroscopia de absorción infrarroja (FTIR) se utilizó un espectrómetro Shimadzu FTIR 8400; en pastillas de 1mg de caolín y 300 mg. de KBr en el rango del infrarrojo medio. Los análisis termogravimétricos y térmico diferencial (ATG, DTG y ATD) fueron hechos en un Setsys-16 de Setaram sobre crisoles de platino, termopares de Pt/Pt10%Rh a una velocidad de $10^{\circ}/\text{min}$. y alúmina como muestra de referencia

El estudio morfológico ha sido realizado por Microscopía Electrónica de Barrido (MEB), utilizando un microscopio Zeiss 960 DSM equipado con microanálisis EDS Link Isis. Las muestras para el estudio por MEB fueron preparadas de dos maneras. Una de ellas fue depositar directamente las partículas de muestra sobre portamuestras de aluminio. La otra manera fue hacer una pastilla con las muestras mediante vacío y ligera presión, estas pastillas se partieron y se colocaron en los portamuestras de aluminio de canto. En ambos casos se pegaron con cinta adhesiva de carbono y se recubrieron con oro o carbón.

e) pH en pasta saturada con agua

La medida del pH del suelo se realiza sobre una muestra en estado semisólido. En estas condiciones, el pH permanece constante en un intervalo de tiempo muy grande y la lectura no varía con el tiempo, aunque el electrodo de vidrio sea introducido en la muestra (Hernández y Pastor, 1989)

f) Materia Orgánica

La materia orgánica del suelo favorece la formación de complejos y quelatos con metales, gobernando así la solubilidad y bioasimilación de metales pesados. Se ha determinado el carbono orgánico activo, según el método propuesto por Walkley y Black (1934), manteniéndose los coeficientes habituales de transformación a carbono total y a materia orgánica, propuestos por Van Bemmelen y Walkley. El procedimiento seguido se expone en (Hernández y Pastor, 1989).

g) Conductividad eléctrica

La conductividad es una medida indicadora de la concentración total de iones presentes en el medio. La conductividad eléctrica del suelo se realizó a partir de una suspensión de suelo seco y tamizado a 2 mm, en agua desionizada en una relación suelo/ agua de 1 a 2,5, a 25 grados, mediante un conductímetro digital modelo Metrofin-654 y una célula con dos electrodos, constituidos por unas laminas de platino de 1 cm de lado, paralelas y separadas 1 cm. Cuando la célula se sumerge en agua queda determinada una columna de líquido de 1 cm^2 de sección y 1 cm de longitud, de la cual se mide la conductancia. La conductividad de la muestra se expresa en μ/cm a 25°C

h) Aniones en suelo

Se ha determinado los aniones, pesando 20 gramos de muestra seca y tamizada y luego se coloca la muestra pesada en un bote de plástico y se añade 50 ml de la solución extractora (Agua), agitándolo durante 30 minutos y se filtra al final con dos filtros y se recoge el filtrado sobre un recipiente. Se realiza la medida del Fluoruro, Nitrato, Fosfato u Sulfato, mediante un Cromatógrafo iónico previamente calibrado con el patrón correspondiente y en el rango de calibrado que se precise para cada uno de los analitos. Así obtenemos la curva de calibrado y los resultados están expresados en mg/l.

Para los análisis químicos en suelos y plantas se han empleado las siguientes técnicas que son descritas en Hernández y Pastor, (1989):

- a) **Determinación de Nitrógeno total por el método Kjeldahl**
- b) **Fosforo Asimilable (Metodo Burriel-Hernando)**
- c) **Extracción de Potasio (K), Calcio (Ca), Sodio (Na) y Magnesio (Mg) solubles** en acetato amónico 1 N a pH 7
- d) **Extracción de Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Cinc (Zn) y Cobre (Cu) soluble** en EDTA (Tritiplex III) y acetato amónico a pH 4.5

e) La determinación de los **niveles de elementos asimilables** se realiza por el *método de Lakanen y Erbio* (1976). Esta preparación tiene como objeto conocer la disponibilidad o solubilidad en distintos productos de estos elementos que sirven como nutrientes a las plantas. Se pesan 5 gramos de muestra seca y tamizada y luego se coloca la muestra pesada en un bote de plástico y se añade 50 ml de la solución extractora, agitándolo durante 30 minutos y se filtra al final con dos filtros y se recoge el filtrado sobre un recipiente. Se realiza la medida, mediante espectrofotometría de emisión de plasma, previamente calibrado con el patrón correspondiente y en el rango de calibrado que se precise para cada uno de los analitos. Así obtenemos la curva de calibrado y los resultados están expresados en mg/l.

f) **Metales totales: Extracción con ácido nítrico concentrado y ácido perclórico concentrado.** La técnica para su determinación es la *espectroscopia de emisión óptica por plasma acoplada inductivamente y la espectrofotometría de absorción atómica* previamente calibrado con el patrón correspondiente y en el rango de calibrado que se precise para cada uno de los analitos. Así obtenemos la curva de calibrado y los resultados estarán expresados en mg/l o alguna unidad similar de concentración en líquidos. El proceso de extracción que se cita a continuación es con ácido nítrico concentrado y ácido perclórico en caliente en baño de arena. Este baño de arena se trata de una placa calefactora a la que se le pone una capa de arena calibrada, para que sirva de superficie amortiguadora entre la placa y los matraces de extracción.

Se coge entre 0.20 g y 0.5 g de muestra seca, pulverizada en mortero de ágata a partir de la fracción < 2 mm molidy se coloca la muestra en el matraz Erlenmeyer, después se le agrega 10 ml de ácido nítrico concentrado más 2 ml de ácido perclórico, se ubica los matraces en la placa calefactora que ya dispondrá de una capa de arena. Se enciende la placa y eliminar el ácido llegando casi a sequedad.

Se repetirá el procedimiento en caso de que el residuo no esta claro, y se vuelve agregar 2ml de ácido perclórico y se vuelve a colocar en la placa. Cuando estén fríos los matraces se recoge el residuo con agua destilada y filtrar, lavando varias veces. Para las plantas se ha recogido el residuo del matraz con agua caliente, lavando varias veces. (Esto se hace para disolver las sales potásicas que tenemos precipitadas debido al perclorato de potasio que se forma durante la extracción). El filtrado se recoge sobre un matraz aforado de 25 ml y se enrasa. Se agita manualmente la muestra enrasada y estaría disponible para la medida.

Para todos los análisis en planta es necesario el lavado previo de las mismas con agua desionizada, secadas a 70° C durante 24 horas, pesadas y pulverizadas.

g) Índices

Degradación física del suelo

El valor irremplazable del suelo como medio de producción es cosa admitida generalmente. En cambio, su vulnerabilidad al abuso, aunque se habla mucho de ella, sólo la reconocen plenamente los especialistas en la materia. Según la FAO (1980), cuando se reconozca la gravedad del problema y se determinen debidamente sus causas, será posible desarrollar prácticas y aplicar medidas que garanticen el uso seguro de la tierra.

La degradación física del suelo se puede producir como consecuencia de muchos procesos relacionados entre sí, como son por ejemplo el apelmazamiento, compactación, reducción de la permeabilidad, falta de aireación, degradación de la estructura FAO (1980). Para la evaluación de la degradación física del suelo de nuestras muestras hemos utilizado la fórmula utilizada por Valentín et al. (1991), en la que se tienen en cuenta los porcentajes de la materia orgánica y de la arcilla más el limo. La ecuación se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Degradación física} = \frac{\text{M.O.} \times 100}{\% \text{arcilla} + \% \text{limo}}$$

Erodibilidad

La pérdida de suelo es otro concepto ligado a la erosión de los mismos que ha sido estimado en este trabajo por medio del índice de Erodibilidad. Esta es por definición su vulnerabilidad a la erosión determinada considerando exclusivamente factores intrínsecos o inherentes al propio suelo. Este factor refleja un hecho evidente: que diferentes suelos se erosionan a diferentes velocidades cuando se mantienen constantes sobre ellos el resto de condicionantes que afectan a la erosión. Es a la Erodibilidad condicionada por las características físicas del suelo, a la que se dirigen numerosos estudios en la actualidad tendentes a definir paramétricamente el comportamiento de estas características y su relación con la erosión tal como se mide en campo (Moreira, 1991). Ha sido calculada la Erodibilidad o pérdida de suelo mediante la primera fórmula que empleó Wischmeier (1971), si bien hoy se calcula mediante el factor K de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo. La expresión es la siguiente:

$$\text{Erodibilidad} = \frac{0.43 + 0,30S + 0,043 S^2}{6,613}$$

Erosionabilidad

El método que hemos utilizado en nuestro trabajo para el estudio de la erosionabilidad del suelo es lo utilizado por Wischmeier et al (1971) y se calcula después de haber realizado los análisis de textura. La expresión de la ecuación es la siguiente:

$$\text{Erosionabilidad} = \frac{\text{Limo}}{\text{arcilla}}$$

2. TÉCNICAS SOCIALES

Con nuestra estancia en Pedernales, trabajando en diferentes proyectos de desarrollo local, así como en el Centro Cultural Poveda, de Santo Domingo, se ha pretendido conocer el contexto social de diversos aspectos vinculados a esta tesis. Esta metodología es denominada por Escudero (2004), “metodología antropológica”. Consiste en la inserción del investigador/a en la comunidad, en la vivencia y la cercanía de la cultura que se estudia. Para este autor, el método de investigación clave es la observación y la sistematización de la información a partir de lo observado. Esto se acompañó de documentación bibliográfica, además del estudio de documentación diversa en relación a la temática que nos ocupa. Se muestran a continuación los métodos y técnicas utilizados. Se expone brevemente a continuación una reseña de las mismas.

Entre las **técnicas de recolección de datos**, hemos utilizado las siguientes. Su descripción está formulada según Blaxter *et al.* (2005):

a) Observatorio de la realidad

Los estudios basados en la observación permiten una diversidad de enfoques:

- Los hechos pueden ser registrados en el momento o más tarde, por el investigador o por grabadoras u otros artefactos.

- La observación se estructura conforme a un marco conceptual predeterminado, o puede ser relativamente flexible.
- El observador puede participar asimismo e los hechos en estudio, o bien actuar únicamente en calidad de observador “imparcial”.

El conocimiento de la realidad social de las fincas ha servido para sistematizar las características más importantes ambientales y sociales de las mismas y de las comunidades donde se ubican, mediante percepción visual de las mismas, así como de la recopilación bibliográfica adecuada a esta cuestión, y el conversar con la gente del territorio.

b) Documentos.

Todo proyecto de investigación entraña, en mayor o menor medida, el uso y análisis de documentos, que deben ser leídos, comprendidos y analizados. Los investigadores cuyos estudios se basan en documentos pueden valerse de datos secundarios, es decir de los datos ya recolectados y posiblemente analizados por otro (Blaxter *et al.*, 2005). Mencionaremos los documentos recogidos en Informes y Memorias relacionadas con los proyectos de desarrollo local para Pedernales. En este aspecto se realizó una sistematización de los proyectos que han operado en la zona.

Los papelógrafos son uno de los medios más habituales utilizados para reflejar un proceso de análisis seguido grupalmente acerca de una realidad determinada. Nosotros los hemos utilizado para la obtención de la información mediante los talleres del “ecobarómetro” en relación a la percepción del paisaje.

c) Cuestionarios

Se trata de la técnica de investigación social más ampliamente utilizada. Se basa en la idea de formular por escrito preguntas puntuales a los individuos cuyas opiniones o experiencias nos interesan para hallar las respuestas a esos interrogantes. Nosotros hemos utilizado esta técnica para conocer el punto de vista de un grupo de estudiantes que participaron en la primera ecoauditoría realizada a una escuela dominicana. Así, se realizó un *cuestionario* a los agricultores (poner el total de encuestas), que se llevó a cabo en 30 minutos. Se trata de un instrumento de investigación estructurado breve (Taylor y Bodgan, 1996), compuesto por preguntas abiertas y cerradas (cuadro 1). También se elaboraron otros cuestionarios sencillos que se pasó a los líderes de las comunidades y jóvenes de la provincia de Pedernales para conocer lo que sabían acerca del desarrollo sostenible.

Por la naturaleza de la investigación llevada a cabo y contextualización de la misma, se han utilizado también una de las técnicas de investigación desde la animación sociocultural ampliamente utilizada y conocida como **DAFO**. Se trata básicamente de una puesta en común sobre Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades de la organización o entidad objeto de análisis, en ejes positivo-negativo, presente-futuro, interno-externo. Sirve para analizar una organización y su entorno, o de un proyecto de intervención o de investigación, aportando elementos para orientar decisiones y el rumbo a seguir. (Escudero, 2004). Es quizá la técnica más utilizada en la actualidad para muchas de las evaluaciones de proyectos de desarrollo, por lo que en los países donde se realizan actividades financiadas para esta cuestión, es frecuente encontrarse familiarizados con este tipo de técnica.

3. TÉCNICAS ESTADÍSTICAS

Para el tratamiento numérico de los datos se han utilizado las técnicas de análisis univariante y multivariante, con el fin de resumir la información obtenida y facilitar la labor interpretativa de los datos y se utilizaron los siguientes programas informáticos: SPSS 13.0 y 14.0 para Windows, Statistica 6.0, STATGRAPHICS PLUS5.0, Excel 2003.

a) Análisis univariante

Mediante este análisis se evalúa la tendencia general de los datos estadísticos, permitiendo la caracterización de los mismos. Es útil para la detección y depuración de posibles valores anómalos dentro del colectivo (numero de casos). Entre las medidas de la tendencia central se emplean fundamentalmente dos: la media aritmética (\bar{x} : resultado de dividir el sumatorio de la magnitudes de los datos por el numero total de datos) y la mediana (m : punto de la distribución bajo el cual queda el 50% de los casos). Se denominan “valores promedios”, expresan el valor alrededor del cual se centran los diferentes datos y se pueden considerar como representativos del total.

Para representar y comparar dos colectivos es necesario una medida de la variabilidad o dispersión, es decir, el grado en que los datos tienden a extenderse alrededor del valor central. Entre estas medidas de dispersión se emplea la desviación típica (desviación promedio de los datos del conjunto con respecto a la media).

Las distribuciones pueden ser simétricas o asimétricas (hacia la derecha o hacia la izquierda), siendo la relación m/x útil para definir la asimetría de la distribución; así como el coeficiente de asimetría, que caracteriza el grado de asimetría de una distribución con respecto a su media. La asimetría positiva indica una distribución unilateral que se extiende hacia valores más positivos. La asimetría negativa indica una distribución unilateral que se extiende hacia valores más negativos.

b) Análisis multivariantes.

Además de realizar una primera comprobación entre las muestras a través de parámetros individuales, se han considerado simultáneamente todos los parámetros determinados mediante lo que se conoce como métodos multivariantes de análisis. Se consigue así caracterizar el efecto conjunto de las distintas variables y las posibles relaciones entre ellas. Para ello, se ha utilizado el análisis de componentes principales (ACP) y el ANOVA.

El primer tipo permite, reduciendo la dificultad generada por la gran cantidad de datos que se generan, reconocer las pautas y relaciones entre las distintas variables que se miden para las distintas muestras, (Hernández y Pastor, 1989). Emplea un procedimiento matemático que transforma un número de variables, posiblemente correlacionadas, en un número menor de variables no correlacionadas llamadas componentes principales (PCs), sin pérdida significativa de información. Previamente a la descomposición de la matriz de datos originales, se realiza un auto escalado de datos a varianza unidad, de modo, que todas las variables tengan las mismas influencias sobre el calculo. Se emplea generalmente para obtener gráficos representativos de los primeros componentes principales (a menudo los 2 o 3 primeros).

El Análisis de la Varianza (ANOVA) se ha utilizado sobre los parámetros cuantificados entre todas las muestras con la finalidad de comparar las medias de los parámetros entre grupos.

4. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG) Y TÉCNICAS GEOESTADÍSTICAS

a) Sistema de Información Geográfica. (SIG)

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten combinar eficazmente información básica, ya sea grafica- mapa- o alfanumérica-estadísticas, para obtener información derivada sobre el espacio. Para disponer de la base cartografía, se han digitalizado las hojas topográficas de la provincia de Pedernales del mapa topográfico nacional de la Republica Dominicana, a escala 1:25.000, utilizando para ello la aplicación Microstation SE. De ese modo, se ha dividido la información en capas correspondientes a la altitud, red hidrográfica, carreteras, núcleos urbanos y división política en términos municipales y parajes, todo ello georreferenciado con coordenadas UTM.

Para el diseño de los modelos se ha utilizado el relieve, que como elemento pasivo juega un papel importante en los procesos erosivos y la redistribución de elementos como los compuestos fertilizantes. El relieve puede ser modelado por su estudio mediante técnicas digitales, lo que se

conoce como modelo digital del terreno (MDT). De este MDT hemos generado los mapas de altitud y de pendiente utilizando los comando derive slope et derive aspect de Arcview 3.3.

En cuanto a capas de información utilizado por nosotros, hemos dispuesto de los mapas de geología, litología y usos del suelo realizado por la OEA en 1967. Y también una capa de vegetación y uso de la provincia de Pedernales realizado por la Secretaria de Estado de Medio Ambiente y de Recursos Naturales en 2004. Todos ellos han sido los mapas temáticos con las que hemos trabajado y elaborado distintas combinaciones de salida de datos.

b) Análisis Geoestadístico como base de análisis en el SIG

El análisis geoestadístico se fundamenta en las consideraciones siguientes. La Geoestadística permite el estudio de los fenómenos naturales, considerando la dependencia espacial que se presenta entre observaciones. Las técnicas de interpolación se basan en que los valores de puntos más cercanos sean más similares entre si, que con los valores de puntos más distantes. Este principio es usado para predecir valores en áreas no muestreadas. Estas estimaciones pueden ser calculadas usando la siguiente formula:

$$Z(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \times Z(x_i)$$

Donde $Z(x_0)$ = valor de la variable Z en el sitio no muestreado x_0 , $Z(x_i)$ = valor observado $Z(x_i)$ de la variable Z en el sitio muestreado x_i , λ es la ponderación asignada al valor observado $Z(x_i)$ y n es el número de valores observados alrededor. Las diferencias entre las distintas técnicas de interpolación están en la forma de ponderación λ_i (ponderación por punto de muestreo i en la ubicación x_i).

El semivariograma se utiliza para analizar la variación espacial (Menezes et al. 2004). El ajuste al mejor modelo matemático que se aproxima a explicar esta variación espacial, proporciona el valor de λ necesario para realizar el kriging. Los parámetros que se obtienen del semivariograma son: C_0 Nugget o efecto pepita, valor de la semivarianza para la distancia cero; C varianza estructural; C_0+C sill (umbral o silla) valor de la semivarianza en el que la curva se estabiliza sobre un valor constante; A_0 rango o distancia desde el Sill hasta el origen que describe la distancia a partir de la cual los puntos están autocorrelacionados (dependencia espacial).

En general las técnicas geostatísticas de Kriging y Cokriging presentan mejores resultados (Hoobbs & Atkins 1988, Phillips et al. 1992) que las técnicas de interpolación tradicionales. El Kriging, considerado “el mejor estimador lineal insesgado” genera los resultados más próximos a las observaciones reales (Barazzuoli et al. 1999), aunque algunos estudios coinciden en que la inclusión de variables auxiliares mejoran las estimaciones (Asli y Marcotte 1995).

Existen diferentes algoritmos y variantes para el kringing, la mayoría de ellos se recogen en Goovaerts (1999) con referencia a aplicaciones en el suelo. Las obras de Clark, (1979), de Gressie, (1991). Goovaerts, (1997), Kanevski y Maignan, (2004), así como los artículos de Goovaerts, (1999), Ishida & Ando, (1999), y Juang et al., (2004), presentan mas detalles sobre los métodos geostatísticos. Los errores estándar del kringing se utilizan para testar la precisión del kringing ordinario como técnica de interpolación.

5. CUESTIONARIOS

a) Encuesta a agricultores y ganaderos para la valoración perceptual de la cuenca del río Pedernales

Bloque I (Realidad socioeconómica)

1. Edad..... 2. Municipio y Provincia.....

3. Sexo:

Masculino

Femenino

4. ¿Cuántas personas hay en su familia? <15 años _____ >15 años _____

5. ¿Cual fue su nivel de estudios alcanzado?

Primaria (1^o-6^o)

Universitario

Secundaria (7^o-12^o)

Formación Profesional

6. Usted pertenece a alguna asociación u organización?

Si

No

En caso afirmativo, de que tipo de organización se trata?

Desarrollo comunitario

Clubes

Asociación Campesina

Cooperativas

Religiosa

Ot

Asociación de mujeres

Bloque II (agricultura)

1. ¿Donde vende lo que cosecha?

Mercado local

Internacional

Regional

2. ¿Para que usa lo que cultiva?

Para vender

Para comer

Ambos

3. Tendría suficiente para vivir con la agricultura?

Si

No

4. ¿Tiene usted personas que le ayuden a cultivar?

Si

No

En caso afirmativo, como paga usted a los trabajadores?

Efectivo

Faena

Particular

Si es en efectivo, que dinero se paga por un día de trabajo? _____

5. Tiene usted más fincas aparte de ésta?

Si

No

6. Cual es el estado de producción ahora en la finca?

En producción

Paralizado por sequía

Paralizado por plaga

Paralizado por crisis económica

7. Pide préstamos?

Si, cantidad: _____

No

interés: _____

En caso afirmativo, ante que organismo: banco, cooperativa, ONG-microcrédito, particular

8. Que tipo de productos cultivan?

Maíz

Sorgo

Café

Arroz

Patata

Banana

Frijoles

Otros

9. Sobre qué superficie de tierra practica Ud. estas actividades ?

0 - 2 hectáreas

6 - 10

16 o más

2 - 5

11 - 15

Ninguno

10. Cual es el producto principal?

Producto: __ Superficie:

Cantidad media:

11. A que titulo ocupa usted esta tierra? (se pueden leer las opciones)

Propietaria

Inquilino del estado

Aparcero

Ocupando sin titulo

Inquilino de particular

Otro

12. Planta usted en una misma parcela cultivos diferentes a la vez?

Si (cultivos asociados)

No

13. En una misma parcela cambia el tipo de cultivo a lo largo del año?

Si (rotación de cultivos)

No

14. Que técnicas agrícolas utiliza usted?

Abono

Compost

Quemadura

Riego

15. Cual es el sistema de siembra?

- Localizada Por surcos En pradera
16. Que cantidad por unidad de superficie (ha) gastan en?
- Abono Semillas Herbicidas
17. Usa usted abonos verdes ?
- Sí No
18. Utiliza usted estiércol / compost / vermicompost?
- Sí No
19. Qué sistema de control de malas hierbas utiliza usted?
- Manual Biológico (sombra y cultivos de cobertura)
 Mecánico
 Químico
20. Qué medio de control de enfermedades y plagas aplica usted?
- Manual Mixto reestructurado (manual y orgánico)
 Químico Ninguno
 Orgánico
 Mixto tradicional (químico y manual)
21. Uso trampas para el control de insectos?
- Sí No
22. Uso de productos derivados de nim para el control de plagas?
- Sí No
23. Usa otros derivados de origen vegetal para el control de plagas?
- Sí No
24. ¿Qué sistema de riego utiliza usted?
- No se realiza riego Riego a manta Riego por surco
25. Cual es el sistema de labranza que utiliza?
- Manual Tractor
 Asistido por caballo Ninguno
26. Practica ganadería?
- Sí No
- Cual es el sistema de alimento del ganado?
- Potreros propios Campo
27. Tipo y número de cabezas de ganado
- Vacuno: _____ Caprino: _____ Équidos: _____ Otros: _____

28. Tipología de potreros?

- Pastizal natural (desarbolado) Sistema silvopastoral natural
 Pastizal + cultivo

29. Que técnica de control de la erosión se utiliza?

- Ninguno Terrazas con muro de piedra
 Barreras vivas Otros
 Reforestación

30. Cuales son los Sistemas de control de las perturbaciones eólicas a suelo y cultivos?

- Ninguno Disposición dispersa de estrato
 Seto simple arbóreo
 Seto a dos alturas

31. Que variedad de especies cultivan y que cantidad?

- Árboles: ____ Hierbas: ____ Otros: ____
 Arbustos: ____ Frutal: ____

32. La mayoría de sus cultivos se hacen en zonas planas o de pendientes?

- Planas Pendientes

33. Que sistema de abastecimiento de agua utilice usted?

- Pozo sin bomba mecánica Sistema de represas y acequias
 Pozo con bomba mecánica Red de agua potable
 Cauces con bomba mecánica Agua de lluvia

34. El agua de los pozos ha bajado en estos últimos años?

- Si No

35. Las aguas de los pozos o fuentes han perdido calidad?

- Si No

36. El caudal de la fuente ha bajado?

- Si No

37. Las fuentes han aumentado con las crecidas?

- Si No

38. Después de las lluvias han observado señales de erosión en las zonas de regadíos/ río/ barrancos?

- Regadíos Ríos Barrancos

39. Corta usted madera en esta zona?

- Si No

40. La mayoría de sus cultivos se hacen en zonas planas o de pendientes?

- Planas Pendientes

41. Cual es la vegetación más dominante en la zona?

- Mango Caoba Acacia
 Pinos Ipilpil Otros

42. Que periodo de lluvia hay en la zona? Periodo: _____

43. Que técnica de control de la erosión se utiliza?

- Ninguna Terrazas con muro de piedra
 Barreras vivas Otras
 Reforestación

44. Cuales son los Sistemas de control de las perturbaciones eólicas?

- Ninguno Seto a dos alturas
 Seto simple Disposición dispersa de estrato

III Bloque (degradación de la cuenca)

1. Cuales son los usos más frecuentes que le da al río Pedernales?

- Pesca Regadío Otro
 Recreación Paseo

2. Es usted consciente de la gravedad del problema de la degradación de la cuenca del río Pedernales?

- Si No

En caso afirmativo, que medida debe tomar para conservar los recursos naturales de la cuenca?

- Reforestación Acompañar los campesinos en otras practicas de gestión
 Zonar las áreas protegidas Educación ambiental
 Tomar medidas drásticas de policías Ninguna
 Llevar actividades económicas de mayor ingresos para los campesinos

3. La cultura de la sociedad campesina (mentalidad, costumbres) constituye según Ud una barrera a la hora de conservar los ecosistemas de la cuenca?

Si

No

4. Ve Ud posibilidades de frenar o mejorar este proceso de degradación de la cuenca?

Si

No

En caso afirmativo, cuales son los problemas a resolver?

Expropiación

Creación de actividades
generadoras de ingresos

Demográfica

Participación de los actores
locales

Pastores

Empleo permanente

Regadío

Gestión participativo

Cortar de madera

Ninguna

5. En épocas de lluvia, el río Pedernales ha ocasionado inundaciones?

Si

No

6. **En caso afirmativo, en que periodo? Periodo:** _____

7. Cual de estos desastres naturales son mas frecuentes en esta región?

Tempestad

Ciclones

Onda tropical Inundación

OTROS

Viento

Ninguno

b) CUESTIONARIO DE OPINIÓN / Taller Ecoobarómetro Provincia Pedernales



Nombre de la Escuela, Liceo o de la Comunidad.....
Localidad.....Edad Hombre Mujer
Fecha.....Profesión o Nivel de estudios si es
estudiante.....

1. ¿Qué plantas y animales silvestres de su región conoce usted

.....
.....

2. ¿Cómo considera que es el estado actual de conservación del paisaje de su región?

Muy conservado Conservado Poco conservado Muy deteriorado

3. ¿Cuáles son según su opinión las actividades que afectan a la conservación del paisaje?

Indique los 3 problemas según orden de importancia: 1: muy importante; 2 importante y 3 poco

Importante

1.....

2.....

3.....

4. ¿Qué medidas sugiere que son necesarias para conservar y recuperar el paisaje de esta

Región ?. Indique 3 medidas según orden de importancia 1: Alta, 2: Media y 3: Baja

1.....

2.....

3.....

5.- ¿Con qué frecuencia suele visitar los paisajes que se han mostrado en las fotografías? 1: Muy
frecuentemente; 2: Poco frecuente; 3: Nunca

1..... 2 3.....

6. ¿Ha oído hablar de Desarrollo Sostenible? SÍ NO

7. Escriba los recursos naturales que se utilizan en su región

.....

.....

8. Diría que su región dominicana es pobre en recursos naturales? SÍ NO

9. ¿Piensa que la educación puede ayudar al desarrollo sostenible en su región?
Sí NO

10. ¿Le gustaría recibir un curso de desarrollo sostenible en su región? SÍ NO

11. Desde su punto de vista, subraye lo que le parece ser el mejor futuro para la provincia de Pedernales:

ECO-TURISMO (Actividades hoteleras), INDUSTRIAS LÁCTEAS , AGRICULTURA,
GANADERÍA, PESCA, INDUSTRIA FORESTAL , NEGOCIOS CON PIEDRAS
PRECIOSAS ,
EXPLOTACIÓN DE CALIZA, EXPLOTACIÓN DE BAUXITA, OTRAS INDUSTRIAS

¡ GRACIAS POR SU COLABORACIÓN ¡

Referencias Bibliografías

- Asli, M. Marcotee, D. 1995. Comparison of approaches to spatial estimation in a Bivariate context. *Mathematical Geology* 27 (5): 641-658.
- Barazzuoli, P., Bouzelboudjen, M., Cucini, S., Kiraly, L., Menicori, P., Salleolini, M. 1999. "Olocenic alluvial aquifer of the River Cornia coastal plain (Southern Tuscany, Italy) : database design for groundwater management". *Environmental Geology* 39(2):123-143.
- Blaxter, L.; Hughes, Ch. & Tigth, M.2005. *Cómo se hace una investigación*. Ed. Gedisa, Barcelona
- Bouyoucos G. Journ Am. Soc. Agron.1935. American Society Testing Material ASTM nº 152 H.
- Bower, C.A., y Wilcox, L.V. 1965. Methods of Soil Analysis. *American Society of Agronomy*, 2: 937-940.
- Burriel F. & Hernando V.1948. El fósforo en los suelos. *Anales de Edafología y Agrobiología*. 9: 611-622.
- Cadahia, C. 1973. Determinación simultanea de Nitrógeno y Fósforo en suelos y plantas con un sistema autoanalizador. *Anales de Edafología y Agrobiología*, 32 (5-6): 479-500.
- Escudero, J. 2004. *Análisis de la realidad local. Técnicas y métodos de investigación desde la Animación Sociocultural*. Ed. Narcea, Madrid.
- FAO.1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Ed.FAO-UNESCO, Roma.
- Goodchild, M.F; Parks, B.O; y Steyaert, L.T. 1994. *Environmental modeling with GIS*. Oxford Univ. Press
- Goovaerts, P., 1999. Geostatistical in soil science: *state-of-the-art and perspectives*. *Geoderma* 89, 1-45

- Gumbricht, T.1996. Application of GIS in training for environmental management. *Journal of Environmental Management*, 46: 17-30.
- Henin, S; Grass, R; Monnier, G. 1972. *El perfil cultural*. Ed. Mundi Prensa.
- Henin, S, 1976. *Cours de Physique du sol*, Vol.I Orstam/ Editest. Paris/ Bruselas
- Hernández, A. J.; Pastor, J. 1989. Técnicas analíticas para el estudio de la interacción suelo-planta. *Henares, Revista de Geología*, 3: 67-102.
- Hoobbs, R. J., Atkins, L. 1988. Spatial variability of experimental fires in south-west Western Australia. *Australian Journal of Ecology* 13: 295-299.
- *Instrumental Methods for analysis of soils and plant tissue*,1971. Soil Science Society of America. VII . 334
- Jackson, 1958: *Soil Chemical Analysis*. Ed. Prentice. Hall.
- Johnston, K., Ver Hoef, J. M., Krivoruchko, K., Lucas, N. 2001. Using ArcGIS Geostatistical Analyst. *GIS by ESRI*. New York. U.S.A. 300pp.
- Juang, K. W., Chen, Y. S., Lee, D. Y., 2004. Using sequential indicator simulation to asses the uncertainty of delineating heavy-metal contaminated soil. *Environmental Pollution* 127, 229-238.
- Lakanen and Ervio, R. 1967. The effect of living on the adsorption and exchange characteristics of trace element in soils. *Acta Agri. Escand.* 117: 131-139
- Lakanen E. and Ervio R., 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils, *Acta Agri. Fennica*, 123: 223-232.
- Machin, J.; Navas, A. 1995. Land Evaluacion and conservation of semiarid agroecosystems in Zaragoza (NE Spain) using of expert evaluacion system and GIS. *Land Degradation & Rehabilitation*, Vol 6: 203- 214
- Menezes, Z., Marques, J., Tadeu, G. 2004. Variabilidade espacial da estabilidade de agregados e materia organica em solos de relevos diferentes. *Pesq. Agropec. Bras.* V39. N°5: 491-499.
- *Métodos oficiales de análisis*, tomo III. Ministerio de Agricultura. 1986
- *Metodología Technicon individual/simultaneons determination of nitrogen and/or phosphorus in acid digest*. Method n° 695-82 W
- Moreira, J.M.1991. *Capacidad de uso y erosión de suelos*. Una aproximación a la evaluación de tierras en Andalucía. Ed.Junta de Andalucía, Agencia de Medio Ambiente.
- National Research Council, 1929. *Internacional Critical Tables*
- Orion Research 1982. *Handbook of Electrode Technology*.
- Petersen, G.W.; Bell, J.C; Mc Sweeney, K; Nielsen, G.A y Robert, P.C.1995. Gis in agronomy. *Advances in Agronomy*. Academic press. USA.
- Phillips, D. L., Dolph, J., Marks, D. 1992. A comparison of geostatistical procedures for spatial analysis of precipitation in mountainous terrais. *Agricultural and Forest Meteorology* 58: 119-141
- Simonett, O.1993. *Geographic Information Systems for environment and development*. Vol.22. Geographisches institut der Universität Zürich.
- Taylor, S. J. y Bogdan, R. 1996. *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Ed. Paidós Ibérica, Barcelona
- Valentin, Ch.; Hoodmoed,W.; Andriess,W.1991. Maintenance and enchancement of low-fertility soils.Internat.Workshop on *Evaluation for sustainable land Management in the Developing Wold*.Chiang Rai, Thailand, 15-21 sept.:159-187.
- Walkley, A. y Black, A.I. 1934. An examination of the Degtjareff method for determinng soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid tritation method. *Soil Science*, 37: 29-38.
- Walkley, A, 1947. A critical examination of rapid method for determining organic carbon in soils effects of variations in digestions of inorganic soil constituents. *Soil Science* ,65: 261- 264
- Wischmeier,W.H.; Johnson, C.B. and Cross,B.V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. *Journal of soil and water conservation* 1971. Vol.26, pp. 189-193.