

# "Zonificación Agroecológica del *Coffea arabica* en un Sector del Grupo Orográfico de Guamuhaya, Cuba, utilizando los SIG."

Autores: MSc, Pm, Ing. Humberto Antonio González González  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA TROPICAL  
Dirección: CALLE 13, ESQUINA F, No 302, VEDADO, CIUDAD DE LA HABANA,  
CUBA, CP 10400.  
Email: [humberto@geotech.cu](mailto:humberto@geotech.cu); [hgonzalez02@yahoo.com](mailto:hgonzalez02@yahoo.com);  
[humgonzalez@hotmail.com](mailto:humgonzalez@hotmail.com).

## RESUMEN

A partir del análisis de las condiciones edafoclimáticas y de relieve que influyen en el cultivo del café y el territorio de estudio se efectuó la zonificación agroecológica de acuerdo con su potencial productivo, mediante la determinación de los factores geográficos y edafoclimáticos que son importantes para el establecimiento de la especie y la obtención de óptimos rendimientos. La delimitación de los requerimientos agroecológicos y la utilización del Sistema de Información Geográfico en el municipio de Manicaragua permitieron la zonificación agroecológica de acuerdo al potencial productivo del café.

## 1. INTRODUCCION

La selección y evaluación del potencial agroecológico del cultivo de *Coffea arabica*, obedece a la forma en que influye en la estructuración de una región, por constituir una especie de alto valor económico y su significativa proyección en la economía nacional, tanto en la actualidad como en su desarrollo prospectivo y por ocupar extensos espacios en condiciones físico-geográficas muy complejas.

Para determinar las condiciones favorables de la especie ***Coffea arabica*** en un lugar determinado el trabajo de zonificación agroecológica es indispensable analizar las condiciones edafoclimáticas y de relieve que influyen en el cultivo del café y el territorio de estudio.

Se decidió determinar que factores agroecológicos son importantes para la obtención de óptimos rendimientos en el cultivo, zonificar agroecológicamente el ***Coffea arabica*** teniendo en cuenta sus requerimientos agroecológicos y las características de la zona de estudio que en este caso se refiere al zona montañosa del municipio de Manicaragua, Villa Clara, perteneciente al macizo montañoso de Guamuhaya y obtener las zonas de potencial agroecológicos mediante el empleo de un SIG.

## 2. OBJETIVOS

- Determinar que factores agroecológicos son importantes para la obtención de óptimos rendimientos de la especie *Coffea arabica*.
- Zonificar agroecológicamente el *Coffea arabica* teniendo en cuenta sus requerimientos agroecológicos y las características de las zonas de estudio
- Determinar las zonas de potencial agroecológicos utilizando un SIG.

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

Teniendo en cuenta las características físicos-geográficas del territorio, los antecedentes de investigaciones realizadas sobre los componentes naturales. Se seleccionó para el estudio del potencial agroecológico el ***Coffea arabica*** en el sector montañoso del municipio Manicaragua, del grupo Guamuhaya (Fig. 1). El área de estudio se encuentra en la parte sur de la zona montañosa, formando parte de las alturas de Trinidad, pertenece administrativamente a la provincia de Villa Clara, situado entre los 592<sup>0</sup> y 630<sup>0</sup> de latitud norte y entre los 236<sup>0</sup> y 260<sup>0</sup> de longitud oeste. Es un territorio que se encuentra limitando por el oeste con el municipio de Cumanayagua, al este con Fomento y al sur con Trinidad. Abarca una superficie de aproximada de 650 km<sup>2</sup>.

### **3.1. Recopilación y procesamiento de la información geográfica y ecológica del territorio**

**Suelos:** Se confeccionó del mapa de suelos a escala 1: 100 000 del municipio Manicaragua se realizó sobre la base de la correlación de los suelos, la reducción de unidades areales del mapa de suelos a escala 1: 25 000 de la Dirección Provincial de Suelos y Fertilizantes y las descripciones y resultados de laboratorio de perfiles principales de suelos.

**Relieve:** Se utilizó como fuente fundamental el informe "Caracterización Geográfica del Grupo de Guamuhaya" se incluyeron los mapas hipsométrico y de pendientes.

**Clima:** Se obtuvo con el informe "Caracterización Geográfica del Grupo de Guamuhaya" y el procesamiento estadístico de los datos primarios aportados por el Instituto de Meteorología y el Instituto de Recursos Hidráulicos. Se incluyen los mapas de precipitación media anual.

**Vegetación:** El estudio de la vegetación se basó en el análisis bibliográfico de varias fuentes entre las que pueden señalarse el Estudio Geográfico de las Montañas de Guamuhaya realizado por el Instituto de Geografía en 1989 y el estudio de las Formaciones vegetales del macizo montañoso Guamuhaya (Ricardo et al., 1997).

### **3.2. Establecimiento de las bases para la zonificación**

La determinación de la zonificación de la especie en estudio se obtuvo inicialmente a partir del análisis hecho por experimentos llevados a cabo en zonas cafetaleras del territorio. Se creó una base de datos con mas de 100 registros mediante el empleo del software FOXPRO, la cual tiene 13 campos que son: Orden, Provincia, Municipio, Sitio, Especie, Altura, Mejor rendimiento, No. de cosechas, Temperatura media, Precipitaciones, Suelo, Autores y Fuente consultada, que permite establecer las bases para la zonificación mediante la interacción con ella.

### **3.3. Utilización del Sistema de Información Geográfica**

Se tomó la información cartográfica existente sobre las condiciones naturales que prevalecen en el territorio de Manicaragua, reflejándose en mapas temáticos elaborados a escala 1: 100 000 (zonificados según los valores de las variables) de

las condiciones naturales que ejercen más influencia en el comportamiento de la actividad agropecuaria; las variables climáticas, edáficas y geomorfológicas. La metodología establecida para las relaciones entre los diferentes parámetros y la determinación de la zonificación agroecológica se llevo a cabo utilizando los Sistemas de Información Geográficos , empleándose como software ILWIS 3.2 y operaciones , Polygon to Raster Attribute Map y Cross como herramientas insustituibles.

La información cartográfica (mapas analógicos) fue capturada por dos formas: la entrada por tableta digital o por barredor óptico (Scanner) e incluyó los siguientes mapas: Pendiente topográfica, Hipsometría, Isoyético anual, Temperatura media anual, Tipos genéticos de suelo y Uso del suelo, preparados, compilados, sintetizados, a la escala de trabajo: 1:100 000.

#### **4. RESULTADOS Y DISCUSION**

##### **4.1. Caracterización de los factores agroecológicos en la zona montañosa del municipio Manicaragua.**

###### **4.1.1Relieve**

La constitución de su relieve es variada encontrándose altitudes desde los 300 m snm hasta los 1000 m snm, pero predominando en este caso alturas desde los 400 m snm hasta los 700 m snm, con tres rangos de pendientes <16%, 16-30% y de 30-45 %.Por su clasificación morfológica de los pisos altitudinales, vemos que el territorio está constituido sobre todo por llanuras altas hasta montañas pequeñas.

###### **4.1.2Temperatura y Precipitaciones**

La temperatura media anual en el territorio que se encuentra sobre los 900 m de altitud es inferior a 19 °C y en la franja inferior de las macropendiente meridional supera los 25, mientras que en la parte baja de la septentrional oscila entre 23 y 25.

La temperatura media anual oscila entre 19 y 25<sup>0</sup> centígrados y las precipitaciones del territorio están constituidas por tres zonas (Fig.2), una en el rango de 1400-1600 mm, otra de 1600- 1800 mm y por ultimo una zona de 1800 - 2200 mm.

Las precipitaciones se encuentran entre los elementos climáticos de mayor variabilidad temporal y espacial. En su carácter temporal se distingue su estacionalidad en dos períodos bien definidos en todo su espectro altitudinal

(lluvioso y poco húmedo), destacándose el mes de junio (25% de la norma anual) como el más lluvioso, mientras que diciembre y enero son los de menor lámina con 1,5 y 3 %, respectivamente (Vidallet, 1989).

La precipitación media anual requerida por el cafeto es de 1800 a 2000 mm, distribuidos a través del año con un período de reposo vegetativo, para posteriormente iniciar la floración.

#### **4.1.3. Los suelos, principales factores limitantes para el cultivo del café.**

Los suelos que conforman el territorio son agrupamiento Alíticos, Ferralíticos, Fersialíticos, Pardos Sialíticos, Fluvisol y Pocos Evolucionados (Fig.3). En general en el levantamiento se encontraron 6 agrupamientos, 7 tipos y 6 subtipos de suelos. La correlación se realizó con la Nueva Versión de Clasificación Genética de los suelos de Cuba (Instituto de Suelos, 1995), se correlacionaron las taxas del mapa primario (14 taxas) con 9 taxas de la clasificación, lo cual en la reducción de unidades areales permite un alto grado de precisión.

Se toma en cuenta como elemento fundamental el factor limitante profundidad efectiva a la hora de determinar los agrupamientos con posibles condiciones para efectuar la zonificación y obtener potenciales óptimos. De este modo clasificamos los distintos suelos de acuerdo al rango de profundidad que presentan. (Tab.1)

**Tabla .1 Tipos de profundidad efectiva**

<b>Profundidad Efectiva</b>	<b>Tipo de Profundidad</b>
Mas de 60 cm.	Profundo a muy profundo
41 – 60 cm.	Medianamente profundo a profundo.
Menos de 41 cm.	Poco profundo a Muy poco Profundo

Se establece entonces la relación suelo profundidad - efectiva, en función de los rangos establecidos en la tabla anterior. (Fig.4)

Se puede observar que las profundidades menores de 40 cm. no son adecuadas para el cultivo debido a que no permite el desarrollo de sus raíces que son profundas y ramificadas y a la misma vez estas no pueden tomar los nutrientes indispensables.

De este mismo modo la capacidad retención de humedad no es la mas factible en el suelo lo que puede afectar al cafeto, también se afectaría la aireación del suelo.

#### **4.2. Desarrollo del trabajo.**

Para establecer los resultados del trabajo se analizó primero los resultados obtenidos de los experimentos llevados a cabo en el territorio en función de las diferentes variables establecidas a evaluar, a partir del software FOXPRO. Se emplearon las variables precipitación, altura y rendimiento, no se analizó las temperaturas debido a que los rangos de temperatura media existentes en el territorio caen dentro de los valores admisibles para efectuar el trabajo.

En la variable de precipitación se tomaron dos rangos; de 1800-2200, 1500- 1800. Se comprobó que el mayor rendimiento medio por hectárea obtenido con respecto a las precipitaciones fue en el rango de 1800- 2200 mm, lo que dio como resultado un rendimiento medio de 2.57 T/ha, con una altura media de 400.63 msnm, una temperatura media de 23.13<sup>0</sup> C y una precipitación media de 2000 mm.

También se trabajó con los valores de rendimientos en los sitios experimentales estableciéndose los valores de >2 T/ha y de 1 - 2 T/ha. Se obtuvo un rendimiento medio de 4.19 T/ha, dentro del primer valor mencionado con una precipitación media de 1925.00 mm, una temperatura de 24<sup>0</sup> C, una altura de 380.0 msnm.

Con relación a la altura se establecieron también tres rangos, de 300- 400 msnm, 400- 500 msnm, 500- 600 msnm. En el primer rango se tuvo un mejor rendimiento de 2.66 T/ha, con precipitación de 1962.00 mm, altura 343.00 msnm y temperatura de 23.38<sup>0</sup> C.

Por último se tomó una relación de 15 sitios de la zona y se determinó todos los valores medios de cada factor en análisis, dando como resultado un rendimiento medio de 2.46 T/ha, con una precipitación media de 1951.33 mm, una temperatura de 23.22<sup>0</sup> C y una altura de 411.67 msnm.

Según los datos reflejados se obtiene un rendimiento mayor de 2 T/ha con un rango de precipitación entre 1800 - 2000 mm, temperaturas que oscilen entre 23- 24 ° C y alturas comprendidas entre 380 y 400 msnm.

El elemento principal que ejerce sobre los resultados de los rendimientos mostrados es la precipitación, lo que demuestra la influencia que tiene en el comportamiento del café en el territorio.

#### **4.2.1. Zonificación agroecológica del *Coffea arabica* en el municipio de Manicaragua.**

A partir de los resultados obtenidos de los sitios analizados y teniendo en cuenta como elemento clave las precipitaciones, se tomó otro elemento de gran interés para lograr los resultados esperados, que es la profundidad efectiva determinada en los diferentes agrupamientos de suelo del territorio. Conociendo que el territorio presenta tres zonas de precipitaciones, y los suelos presentan cuatro rangos de profundidad efectiva, se llevó a cabo el trabajo de zonificación a partir del empleo de los SIG.

Para poder lograr este resultado todos los mapas sintéticos obtenidos por el SIG a partir del Software ILWIS 3.2, se les elaboró su tabla de atributos donde tienen la base de datos de acuerdo al factor agro ecológico que corresponde, en el caso de los dos factores que se están analizando, precipitaciones y suelos; se determinó para las precipitaciones el área que ocupa así como el rango de precipitación ubicado en cada área o zona, para los suelos en este caso fue mas complejo el trabajo por las características que tiene, la base de datos se descompuso en agrupamientos, tipo ,subtipo, género, profundidad efectiva, profundidad de perfil, erosión, humificación, pendiente, todos con sus símbolos. Una vez que tenemos toda la base de datos completa se seleccionaron los suelos de acuerdo a su profundidad efectiva, a partir de la operación Attribute Map, en función de los rangos establecidos lo que permitió diferenciarlos y obtener un mapa de profundidad efectiva para hacer un trabajo mas detallado con otros mapas temáticos de los demás factores naturales,

La obtención de los distintos mapas temáticos en forma raster producto de la operación Polygon to Raster del territorio en estudio nos permite hacer un análisis objetivo de las zonas de potencial elevado para el café a partir de la operación raster Cross, lo que establecería una interrelación con los distintos elementos naturales reflejados en cada mapa y la especie de café en estudio donde se obtendría realmente un ordenamiento agroecológico apropiado para el cultivo de esta planta. Como se tiene el mapa de profundidad efectiva y el mapa de precipitación con sus tres zonas bien diferenciadas, se procede a cruzar el mapa de profundidad efectiva descompuesto a partir de los rangos existentes de este parámetro (61-100, 41-60, 20-40 y < 20 cm.) con el mapa de precipitación, estableciéndose las bases de zonificación que nos es mas que la relación precipitación - profundidad efectiva (Fig.5 y 6) a partir de los requerimientos agroecológicos planteados y llegar al resultado final que es la zonificación agroecológica del ***Coffea arabica***. Estas zonas con los diferentes potenciales obtenidos, se cruzaron también sobre los mapas de hipsometría, pendientes, que todos tenían la base de datos también confeccionadas que constituían en área que ocupa y rango de acuerdo al tipo de mapa que se analiza, para observar la ubicación en los diferentes rangos de cada mapa mencionado.

El procedimiento llevado a cabo por el empleo del SIG. dio como resultado final (Fig.7) que las zonas de **potencial optimo** se encuentran en suelos que poseen precipitaciones dentro del **rango optimo 1800-2200 mm**, profundidad efectiva **mayor de 60 cm.**, pocos erosionados a medianamente erosionado, pendientes menores de 30 %, humificados en su mayoría, temperatura que oscila en el rango de 19- 25° C con alturas a partir de los 300 m snm hasta los 900 m snm con rendimientos aproximados de 21854.3t. La zonas de **potencial medio** se encuentran dentro de dos zonas de precipitaciones entre **1600- 2200 mm**, suelos de profundidad efectiva que oscila entre **41-100 cm.**, medianamente y poco erosionados, pendientes con valor <30%, por lo general con contenido medio de materia orgánica, temperatura en su mayoría entre 19-25° C y alturas desde los 300m snm hasta los 800m snm y rendimientos aproximados de 17960.26 t. Todas las zonas de **potencial bajo** están ubicadas dentro de las zonas de precipitaciones de **1600-2200 mm**, temperatura de 19-25° C, hipsometría de 200-900m snm y profundidad efectiva de **41-60 cm**. Lo principal que se debe destacar en las zonas



de **potencial muy bajo** es la baja profundidad efectiva que presentan sus suelo <20 cm., precipitaciones 1400-2200 mm, presenta bajo contenido de materia orgánica y están erosionados sus suelos, ubicadas en los tres rangos de pendientes 16-45%, alturas desde 0-800 m snm, y temperatura de 19-25° C.

## 5. CONSIDERACIONES FINALES

Se determinó que los factores agroecológicos principales para lograr óptimos rendimientos del cultivo del café son, precipitación y las características de los suelos, fundamentalmente la profundidad efectiva. Los requerimientos agroecológicos para la obtención de los potenciales óptimos de *Coffea arabica* son: precipitaciones comprendidas dentro del rango de 1800- 2200 mm, profundidad efectiva del suelo (>60 cm.). El SIG constituye una herramienta muy útil para la zonificación agroecológica del *Coffea arabica*, principalmente las operaciones, Polygon to Raster, Attribute Map y Cross.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Hernández, A., Pérez Jiménez, J.M., Bosch, D. y otros. Nueva versión de Clasificación Genética De los Suelos de Cuba. Instituto de Suelos, MINAG, 65 pp. (1995).
2. Ricardo et al, Formaciones vegetales del grupo montañoso Guamuha, Cuba, Acta Botánica Cubana, No 110, 27 de marzo de 1998, Instituto de Ecología y Sistemática.
3. Vidallet, J. D (1989): Ritmo anual de las precipitaciones. En: Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Eds. Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba, Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía e Instituto Geográfico Nacional (España). España. VI.3.4: 35.

## ANEXOS

### Area de Estudio dentro del Grupo Montañoso de Guamuhaya.

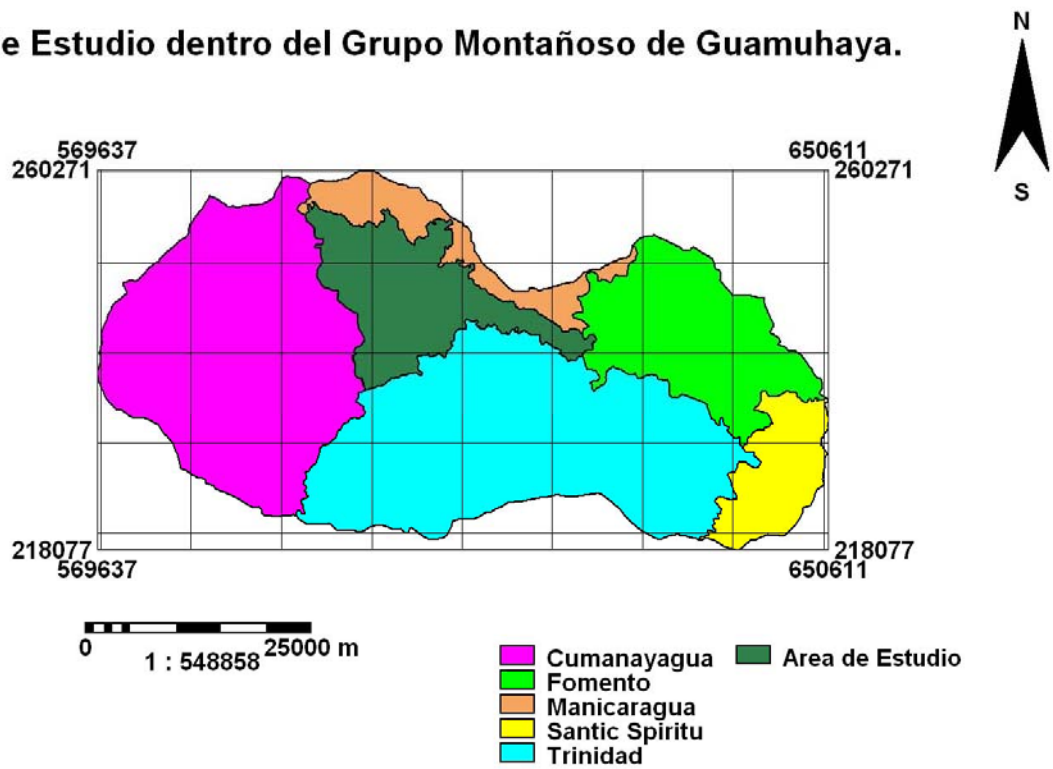
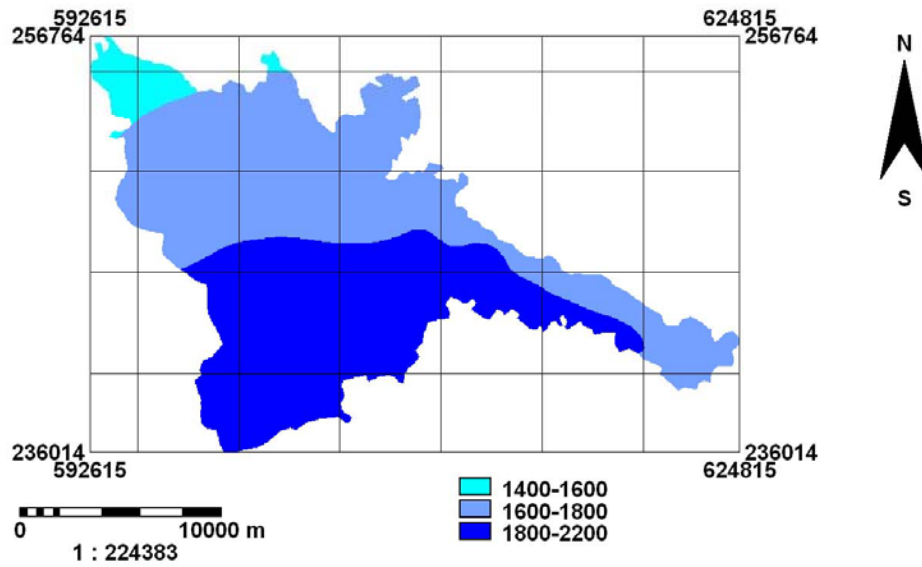


Fig.1 Área de Estudio del Grupo Montañoso Guamuhaya.

### Precipitación Media Anual del Municipio de Manicaragua del Grupo Montañoso Guamuhaya



**Fig.2. Precipitación Media Anual del Municipio de Manicaragua del Grupo Montañoso Guamuhaya.**

### Suelos del Municipio de Manicaragua de Grupo Montañoso Guamuhaya

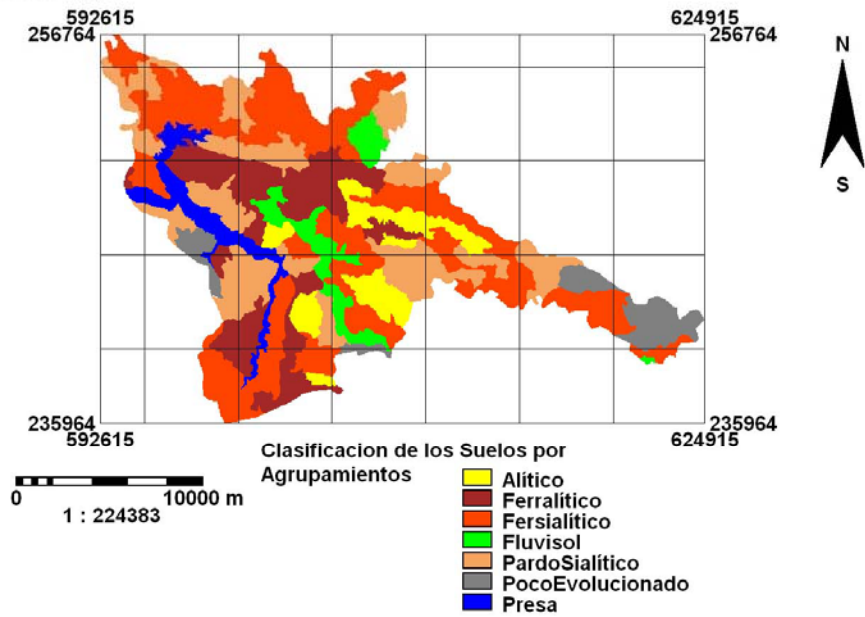
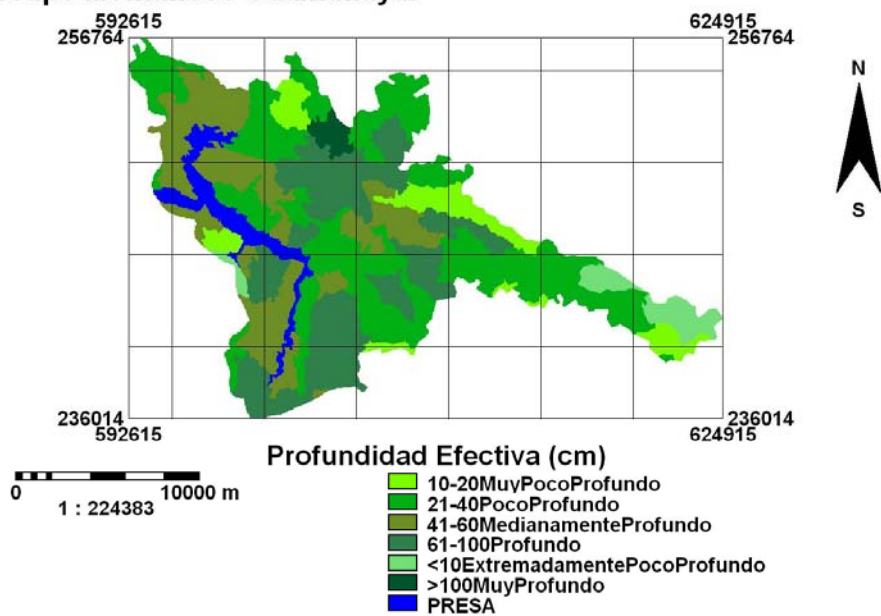


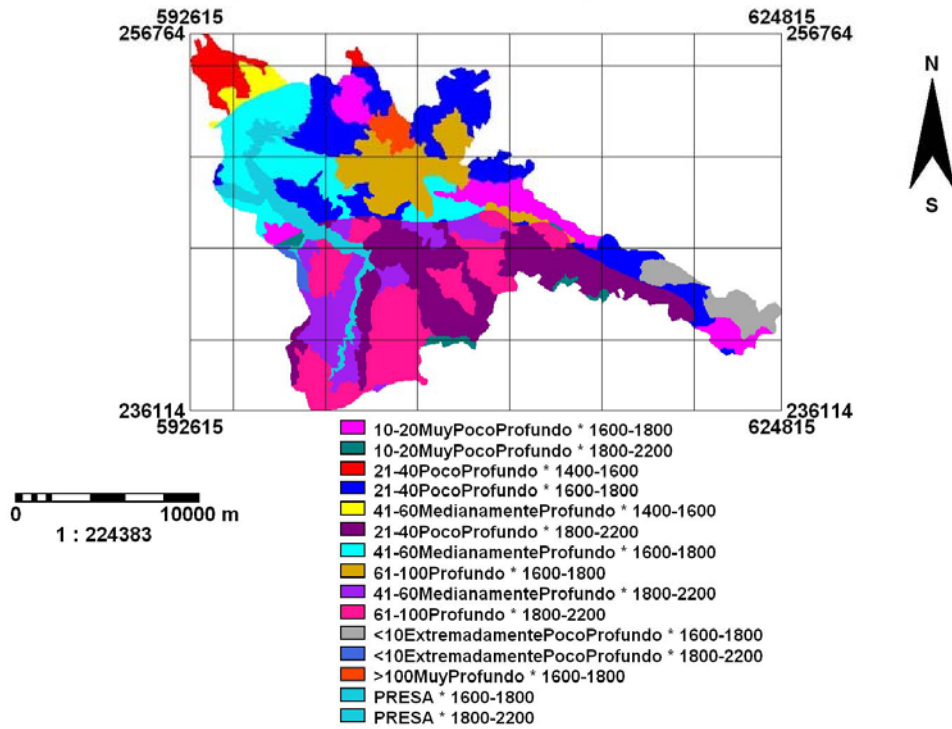
Fig.3. Suelos del Municipio de Manicaragua de Grupo Montañoso de Guamuhaya.

### Profundidad Efectiva de los Suelos en el Municipio de Manicaragua de Grupo Montañoso Guamuhaya.



**Fig.4. Relación Suelo-Profundidad Efectiva en el Municipio de Manicaragua del Grupo Montañoso Guamuhaya.**

**Operacion Raster Cross entre los Mapas de Profundidad Efectiva y Precipitacion del Municipio de Manicaragua**



**Fig.5. Operación de Cruce por los Mapas de Profundidad Efectiva y Precipitación de Municipio de Manicaragua de Grupo Montañoso Guamuhaya.**

Dependent Table "ProfEffect_Precip" - TableCross('PROFUNDIDAD EFECTIVA'.mpr,PRECIPI...			
File Edit Columns Records View Help			
	PROFUNDIDAD EFECTIVA	PRECIPITACION	POTENCIAL
10-20MuyPocoProfundo	10-20MuyPocoProfundo	1600-1800	MUY BAJO
10-20MuyPocoProfundo	10-20MuyPocoProfundo	1800-2200	MUY BAJO
21-40PocoProfundo *	21-40PocoProfundo	1400-1600	MUY BAJO
21-40PocoProfundo *	21-40PocoProfundo	1600-1800	BAJO
41-60MedianamentePro	41-60MedianamenteProfundo	1400-1600	BAJO
21-40PocoProfundo *	21-40PocoProfundo	1800-2200	BAJO
41-60MedianamentePro	41-60MedianamenteProfundo	1600-1800	BAJO
61-100Profundo * 160	61-100Profundo	1600-1800	MEDIO
41-60MedianamentePro	41-60MedianamenteProfundo	1800-2200	MEDIO
61-100Profundo * 180	61-100Profundo	1800-2200	OPTIMO
<10ExtremadamentePoc	<10ExtremadamentePocoProfu	1600-1800	MUY BAJO
<10ExtremadamentePoc	<10ExtremadamentePocoProfu	1800-2200	MUY BAJO
>100MuyProfundo * 1	>100MuyProfundo	1600-1800	MEDIO
PRESA * 1600-1800	PRESA	1600-1800	PRESA
PRESA * 1800-2200	PRESA	1800-2200	PRESA

**Fig.6. Tabla Dependiente del resultado del cruce de los mapas de Profundidad Efectiva y Precipitación y establecimiento de los potenciales para la zonificación agro ecológica.**

### Zona Agroecologicas del Municipio de Manicaragua del Grupo Montañoso Guamuhaya

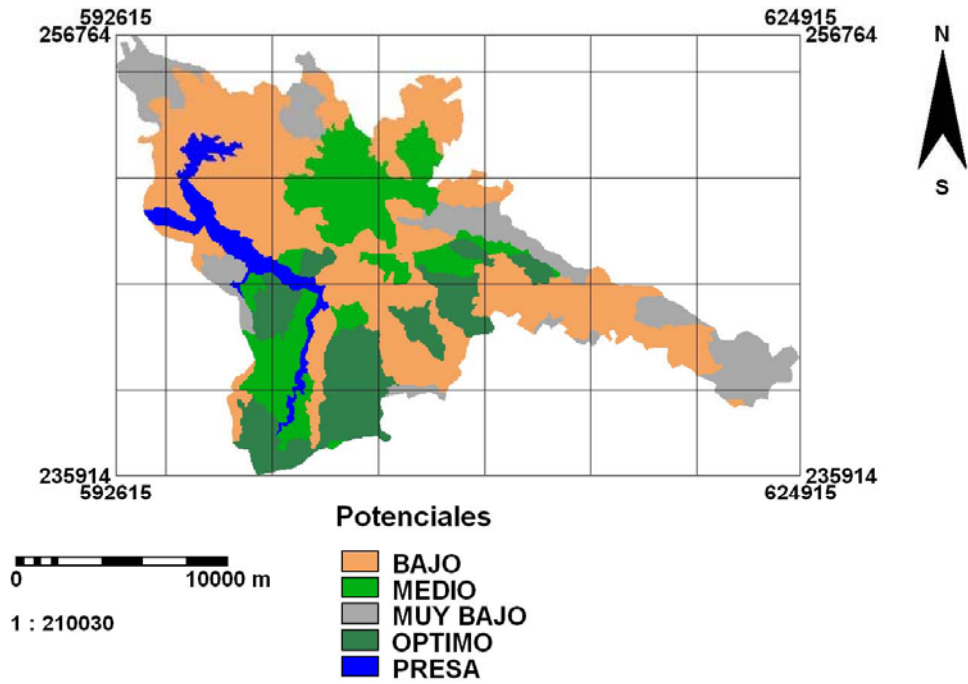


Fig.7. Zonificación Agroecológica del *Coffea arabica* a partir de los potenciales obtenidos.