



## Microzonificación agroecológica de sistemas agrosilvopastoriles empleando un modelo de procesamiento basado en SIG en parcelas en la provincia de Bongará, Amazonas (Perú)

### Agroecological microzoning for agroforestry systems using a GIS based in a processing model in plots in the province of Bongará, Amazonas (Peru)

Rolando Salas López<sup>\*</sup>, Nelson Johel Rodríguez Calampa<sup>1</sup>, Elgar Barboza Castillo<sup>1</sup>, Miguel Enrique Mendoza Chichipe<sup>1</sup> y Manuel Oliva

#### RESUMEN

La Zonificación Agroecológica (ZAE) es un instrumento de gestión con importancia fundamental en el desarrollo agrario. Permite identificar superficies territoriales con características edafoclimáticas homogéneas para potenciar el desarrollo vegetativo de una especie. En la presente investigación se pretende zonificar agroecológicamente un sistema agrosilvopastoril, para el cual se construirá una herramienta de geoprocésamiento mediante el uso del Model Builder, con el que se evaluarán las variables agroecológicas para identificar zonas con mayor viabilidad productiva. Para el desarrollo de la presente investigación se evaluaron siete especies entre cultivos agrícolas, forestales y pastos, determinando los requerimientos agroecológicos de los mismos. Con esta información es posible seleccionar cultivos que permitan adaptarse a las distintas condiciones agroclimáticas de cada zona o parcela de estudio. Se seleccionaron dos parcelas de estudio, ubicadas en la provincia de Bongará, dentro de las cuales se abrieron 12 calicatas en cada una, extrayendo muestras de suelo de hasta 1,30 metros de profundidad. Posteriormente las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Investigación en Suelos y Aguas de la UNTRM, para realizar el análisis de caracterización de suelos. Finalmente mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG), se superpusieron los mapas agroecológicos de cada cultivo, para lo que se aplicó un lenguaje estructurado de consulta a los atributos del mismo, generando las zonas óptimas para cada cultivo.

**Palabras claves:** edafología, climatología, distribución espacial, especies, Amazonas.

#### ABSTRACT

Agroecological Zoning (ZAE) is a management tool with fundamental importance in agrarian development. It allows to identify territorial surfaces with homogeneous edaphoclimatic characteristics to enhance the vegetative development of species. In the present research, the aim is to zoning agroecologically an agroforestry system, for which a geoprocessing tool will be built using the Model Builder, with which agroecological variables will be evaluated to identify areas with greater productive viability. For the development of the present investigation seven species were evaluated between agricultural, forest and pasture crops, determining their agroecological requirements. With this information it is possible to select crops that allow adaptation to the different agroclimatic conditions of each zone or plot of study. Two study plots, located in the province of Bongará, were selected, within which 12 trial pit were opened in each one, extracting soil samples up to 1.30 meters deep. Subsequently the samples were transferred to the Soil and Water Research Laboratory of the UNTRM, to perform the soil characterization analysis. Finally, through a Geographic Information System (GIS), the agroecological maps of each crop were superimposed, for which a structured language of query was applied to their attributes, generating the optimal zones for each crop.

**Keyqords:** soil science, climatology, spatial distribution, species, Amazonas.

<sup>1</sup>Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Chachapoyas, Amazonas, Perú

<sup>\*</sup>Autor de correspondencia. E-mail: rsalas@indes-ces.edu.pe

## I. INTRODUCCIÓN

La Zonificación Agroecológica (ZAE) es una herramienta de gestión ampliamente usada a nivel mundial (Llach *et al.*, 2007; Plasencia *et al.*, 2007). Esta se define como la identificación de superficies territoriales con características homogéneas relacionadas a factores climáticos, biológicos, agronómicos, geográficos y que a su vez contribuye con el equilibrio y la conservación de los ecosistemas agrícolas (Aggarwal, 1997; FAO, 1997; Alva y Chaca, 2013; Suárez, 2014). La región Amazonas se caracteriza por su actividad agropecuaria, la cual representa el 51,22% del PIB departamental. Esta actividad se desarrolla en mesetas y laderas de montaña entre los 2000 y los 3500 m.s.n.m. En este sentido, el sector ganadero está conformado por una extensión aproximada de 64500 ha de pastos cultivados y naturales, con una población de ganado vacuno de aproximadamente 225000 cabezas y una producción anual de carne estimada en 4700 tn (IIAP, 2009). El crecimiento del sector agropecuario y ganadero ha sido planificado de manera limitada, generando degradación de recursos de tierra, y estos limitan su producción por factores de clima, condiciones edáficas y fisiográficas del suelo y el mal manejo de las tierras en zonas tropicales y andinas. En estas regiones las actividades productivas no se encuentran bien identificadas debido a que se implementaron actividades de tipo agropecuario produciendo deforestación en grandes superficies cubiertas con vegetación (Cecon y Miramotes, 1999; Villa *et al.*, 2000; Pérez y Geissert, 2006). En el área de estudio los bosques primarios están siendo sometidos a presiones antrópicas para el desarrollo de sus actividades económicas. Este problema junto a la contaminación y a los niveles de agua de los recursos hídricos son los principales problemas que afrontan los distritos a causa de la deforestación (Salas *et al.*, 2014).

En los distritos de La Florida y Yambrasbamba las principales actividades económicas son la ganadería y la agricultura. En estos distritos se desconoce las potencialidades edafológicas de los suelos, y el uso de tierras agrícolas y ganaderas se realiza de manera

inadecuada. El objetivo de la presente investigación es construir una herramienta de geoprocésamiento mediante el uso del Model Builder (constructor de modelos), que permita evaluar las variables climáticas y edafológicas para la distribución espacial de sistemas agrosilvopastoriles en las parcelas de estudio. La finalidad es realizar una zonificación agroecológica productiva y mejorar la distribución espacial en el uso del suelo.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

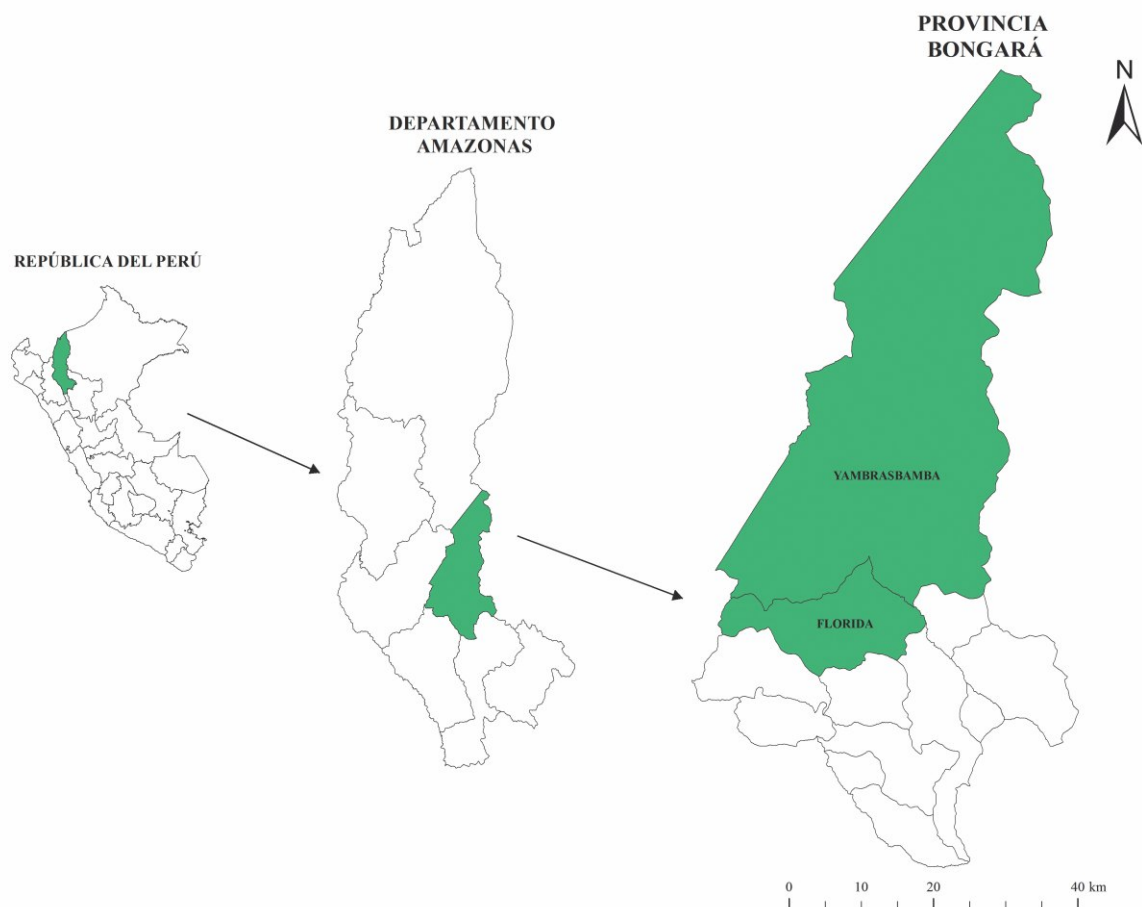
### Área de estudio

Esta investigación se llevó a cabo en dos estaciones experimentales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, departamento de Amazonas, Perú: (i) La Estación Experimental Pomacochas (EEP) posee 22,5 ha, está ubicada en el distrito La Florida (Figura 1) oscila a una altitud de 2220 y 2225 m.s.n.m., presenta dos épocas contrastantes, una época lluviosa desde diciembre a mayo, y una época seca desde junio a noviembre. Con una precipitación acumulada anual de 800 mm, con temperaturas mínimas de 20°C y máximas de 12°C mensual, radiación solar mínima 182,9 w/m<sup>2</sup> y máxima de 1087 w/m<sup>2</sup>; (ii) la Estación Experimental Agua Dulce (EEAD) posee 18,6 ha., está ubicada en el distrito de Yambrasbamba (Figura 1), oscila a una altitud de 2215 y 2235 m.s.n.m., y presenta dos épocas contrastantes, una época lluviosa desde diciembre a mayo, y una época seca desde junio a noviembre. Con una precipitación acumulada anual de 950 mm, y temperaturas mínimas de 20°C y máximas de 11,5°C mensuales, radiación solar de mínimo 157,01 y una máximas de 1138 w/m<sup>2</sup>.

### Muestreo de suelos en calicatas

La selección e identificación de los números de calicatas por cada estación, se realizó teniendo en cuenta los cambios de pendiente a lo largo del terreno y la cobertura vegetal.

Los puntos georreferenciados en gabinete fueron verificados y corregidos en campo, en el que se recorrió y seleccionó los puntos definitivos; se llevaron a cabo el muestreo mediante excavaciones de 1,0 m de



**Figura 1.** Mapa de ubicación de la zona de estudio, en los distritos de Yambrasbamba y Florida (Provincia de Bongará).

ancho por 1,50 m de largo y profundidad variable o hasta el contacto lítico con la roca madre, en los cuales se encuentra expuesto el perfil completo del suelo. La descripción general del perfil se realizó mediante la descripción de cada horizonte; se anotó el símbolo del horizonte, espesor del horizonte (en centímetros), color, color de moteaduras, textura, estructura, consistencia, contenido de fragmentos de rocas, contenido de raíces, naturaleza del límite con el horizonte subyacente, pedregosidad, drenaje, presencia de la napa freática, grado de erosión y el uso de suelo. Todos estos datos fueron incluidos en la descripción temática del suelo registrada en tarjetas de descripción de perfiles. A continuación, se extrajeron las muestras de aproximadamente 1 kg de cada horizonte para embolsarlas, etiquetarlas y trasladarlas al Laboratorio de Investigación en Suelos y Aguas (LABISAG) de la UNTRM. Se elaboraron 13 y 12 calicatas en la EEP y EEAD,

respectivamente. Asimismo, se obtuvieron 32 muestras de suelo de la EEP y 39 de la EEAD.

#### **Material topográfico y físicos geográficos**

Para la obtención de los modelos de elevación digital de las estaciones experimentales, se realizaron levantamientos topográficos con una estación total marca TRIMBLE MM1. Posteriormente se generó un mapa de pendientes con rangos de 0-10, 10-40, 40-50, y mayor a 50%.

De acuerdo con los requerimientos agronómicos de las especies de interés para este estudio, se seleccionaron variables físico-geográficas como el relieve (mapa de pendientes), y el clima, que para este requisito consideró la precipitación y temperatura homogénea en las dos parcelas de estudio por estar ubicadas en la misma microcuenca y condiciones de altitud similares. Finalmente, la edafología, cuya información se extrajo del estudio del suelo realizado en las dos parcelas.

**Zonificación agroecológica del sistema agroforestal**

A través de la revisión bibliográfica se identificaron las variables edafoclimáticas que intervienen en el crecimiento y desarrollo de las especies que integran el

sistema agrosilvopastoril (Tabla 1). Las especies de cultivos, pastos y forestales se seleccionaron de acuerdo al interés en las actividades económicas que se desarrollan en el lugar de estudio.

**Tabla 1.** Requerimientos edafoclimatológicos de las especies que integran el sistema agrosilvopastoril

Especie	Clima	Textura	Fertilidad del suelo	Profundidad del Suelo
<b>Maíz (<i>Zea mays</i>)</b>	Para una buena producción, la temperatura debe oscilar entre 10 y 30 °C (DRASAM, 2013). La cantidad óptima de lluvia es de 550 mm a 1100 mm; se adapta bien desde 0 a 3000 m.s.n.m. (Morales, 2006). Se adapta a climas fríos y templados con temperaturas entre 12° a 24° C (Arias <i>et al.</i> , 2008). Las precipitaciones deben estar alrededor de 700 a 1200 mm anuales; esto se logra a altitudes superiores a los 1 400 m.s.n.m. (Suquilana, 2007).	Se adapta a suelos francos y franco-limosos (DRASAM, 2013)	Requiere suelos con pH 5,5 a 7,5; baja disponibilidad de fósforo, buen contenido de materia orgánica y de topografía plana o ligeramente ondulada (Morales, 2006)	Necesita suelos profundos, ya que las raíces necesitan entre 0,80 y 1,00 m de profundidad para un desarrollo normal (Morales, 2006)
<b>Papa (<i>Solanum tuberosum</i>)</b>	Se adapta a climas fríos y templados con temperaturas entre 12° a 24° C (Arias <i>et al.</i> , 2008). Las precipitaciones deben estar alrededor de 700 a 1200 mm anuales; esto se logra a altitudes superiores a los 1 400 m.s.n.m. (Suquilana, 2007).	Requiere suelos francos y franco-arenosos. (Arias <i>et al.</i> , 2008).	Se adapta a suelos con nivel de pH de 4,5 a 7,5, ricos en materia orgánica. Puede ser sembrada en suelos arcillosos de buen drenaje. (Suquilana, 2007).	Necesita suelos profundos de 20 a 40 cm (Arias <i>et al.</i> , 2008).
<b>Aliso (<i>Alnus acuminata</i>)</b>	Se desarrolla desde 0 a 1900 m.s.n.m. Con una precipitación media anual entre 1200 y 1800 mm, con precipitaciones oscilantes entre 1000 y 3000 mm (Sánchez <i>et al.</i> , 2010)	Se desarrollan en suelos con textura limosa, limo-arenoso, franco y franco-arenoso (Sánchez <i>et al.</i> , 2010).	Requiere suelos con pH entre 4,5 y 6,0, bien drenados y ricos en materia orgánica (Sánchez <i>et al.</i> , 2010).	Requiere suelos profundos de hasta un metro (Sánchez <i>et al.</i> , 2010).
<b>Cedro colorado (<i>Cedrela odorata</i>)</b>	Se desarrollan desde 0 a 1900 m.s.n.m. Con una precipitación media anual entre 1200 hasta los 2000 mm, y una temperatura media anual de 18 a 30 °C (ACEN, 1992)	Se adaptan en suelos de franco-arenosos a franco-arenosos (ACEN, 1992).	Es una especie exigente en suelos, aireados, y drenados, con alta fertilidad y un pH entre 5 y 7 (ACEN, 1992)	Requiere suelos profundos, de 45 a 100 cm (ACEN, 1992)
<b>Ovillo (<i>Dactyctis glomerata</i>)</b>	Se adaptan a altitudes de 1800 a 3000 m.s.n.m. Con temperaturas de 10 a 17°C, y precipitaciones de 800 – 1600 mm (CORPOICA, 2013)	Produce bien en casi toda clase de suelos (CORPOICA, 2013).	Tolera pH de 5 a 7, con mejor rendimiento en suelos fértiles y bien drenados (CORPOICA, 2013).	Su profundidad efectiva va de 15 a 25 cm (CORPOICA, 2013).
<b>Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>)</b>	Se desarrolla desde 1800 a 3200 m.s.n.m., más común y mejor adaptada de clima frío. La temperatura óptima para su crecimiento va de 18°C a 30°C (Ortiz, 2015)	Se adapta a los suelos franco, franco-limoso, limoso y franco-arcilloso-arenoso (Cortés, 1994)	Tolera una amplia gama de pH desde 5,5 hasta 7. Se adapta a cualquier tipo de suelo, prospera en suelos fértiles con un buen contenido de materia orgánica (Ortiz, 2015)	La profundidad que requiere para desarrollarse va de 60 a 90 cm. (Cortés, 1994)
<b>Rye grass (<i>Lolium multiflorum</i>)</b>	Es cultivado entre los 2200 y 3000 m.s.n.m., a una temperatura menor a 17 °C (Lescano, 2009)	Se adaptan a suelos tanto francos, franco-arenoso, franco-limoso y limosos (Lescano, 2009).	Exige una alta fertilidad adaptándose a suelos con una fertilidad mediana y de pH entre 6 y 7. Intolerante a la salinidad, alcalinidad, sequías e inundaciones (Lescano, 2009).	Su profundidad efectiva es de 15 cm (Lescano, 2009).

### Análisis de suelo en laboratorio

Se realizaron los análisis de los suelos, con la siguientes métodos: pH (Potenciómetro), conductividad eléctrica (Conductímetro), clase textural (Bouyoucos), y elementos químicos básicos como porcentaje de materia orgánica (Walkley y Black), fósforo (Olsen modificado), y potasio (Extracción con acetato de amonio)

### Fase final de gabinete

Para conseguir los resultados de microzonificación agroecológicos con sistemas agrosilvopastoriles, se realizó un análisis espacial raster empleando el Model Builder. El Model Builder es una aplicación que se utiliza para crear, editar y administrar modelos, y a su vez, estos modelos son flujos de trabajo que encadenan secuencias de herramientas de geoprocésamiento y suministran la salida de una herramienta a otra herramienta como entrada. Model Builder tam-

bién se puede considerar un lenguaje de programación visual para crear flujos de trabajo. Finalmente, se identificaron las superficies potenciales y limitadas de cada parcela estudiada. Para esto se consideraron tres rangos de calificación de acuerdo a lo siguiente:

- (1) *Adaptación Nula*, no cumple los requerimientos edafológicos y climáticos de los cultivos.
- (2) *Adaptación Regular*, presenta cierta adaptabilidad del cultivo, pero con algunas limitaciones en las variables de suelo y clima, sin embargo, se puede cultivar aplicando algunas prácticas de fertilización.
- (3) *Adaptación Excelente*, cumple con todos los requerimientos edafoclimáticos de los cultivos.

Se empleó una herramienta SIG, el Model Builder (Figura 2), para generar la zonificación agroecológica en cada cultivo de una manera automatizada, teniendo en cuenta los requerimientos edafológicos y climáticos propios de cada cultivo.

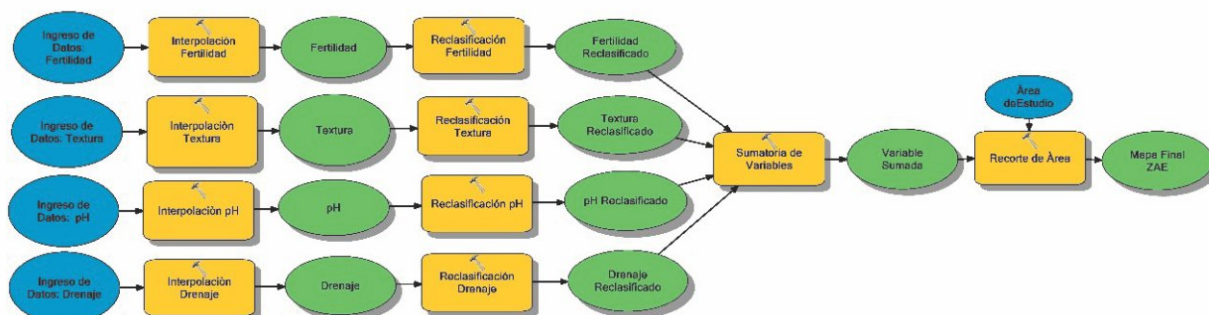


Figura 2. Modelo de Procesamiento Model Builder.

Fuente: Elaboración propia

### Construcción de mapas de zonificación agroecológica

Para la construcción de mapas de zonificación agroecológica se emplearon los datos de variables de fertilidad, textura, pH y drenaje de cada punto muestreado de acuerdo a los requerimientos de las especies evaluadas. Para la determinación de los niveles de aptitud edafoclimática, se interpolaron los datos de cada punto, mediante el método de interpolación IDW. Posteriormente, se clasificaron los datos de acuerdo a los rangos de adaptabilidad, y finalmente se realizó la sumatoria de variables para obtener el mapa final de zonificación agroecológica.

En la metodología empleada para el presente estudio, ha predominado el análisis espacial y el álgebra de mapas (que se realiza con el modelo de datos raster), donde cada submodelo tiene su propia estructura de modelamiento cartográfico y cada insumo de los submodelos se rasteriza y reclasifica asignándole ciertos valores o pesos (Alva y Chaca, 2013).

Posteriormente teniendo cada submodelo terminado, se utiliza el álgebra de mapas para sumar todos los submodelos que entrarán como insumo para la zonificación agroecológica final (Alva y Chaca, 2013).

## II. RESULTADOS

### Microzonificación agroecológica de sistemas agrosilvopastoriles

Como resultado de la metodología empleada se obtuvieron siete mapas de zonificación agroecológica para cada parcela (Figuras 3 y 4), donde se distribuye espacialmente cada especie evaluada de acuerdo a los niveles de adaptabilidad.

#### Parcela 1

Se observa que las especies presentan, en cierto porcentaje del área de estudio, una regular adaptación (Tabla 2), lo que significa que los sistemas agrosilvopastoril pueden desarrollarse, pero con limitaciones en las variables edafoclimáticas, sin embargo, se puede cultivar aplicando algunas prácticas de fertilización.

Tabla 2. Disponibilidad espacial de las especies para el sistema agrosilvopastoril en la parcela 1

Especies	Área	Proporción	Adaptación
<b>Papa (<i>Solanum tuberosum</i> )</b>	8,71 ha	40,08 %	Regular
<b>Maíz (<i>Zea mays</i> )</b>	5,17 ha	23,79 %	Regular
<b>Cedro Colorado (<i>Cedrela odorata</i>)</b>	5,61 ha	25,81%	Regular
<b>Aliso (<i>Alnus acuminata</i> )</b>	4,07 ha	18,72%	Regular
<b>Rye Grass (<i>Lolium multiflorum</i> )</b>	9,84 ha	45,28%	Regular
<b>Ovillo (<i>Dactylis glomerata</i>)</b>	15,7 ha	72,25%	Regular
<b>Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>)</b>	6,87 ha	31,61%	Regular

#### Parcela 2

En esta parcela se encuentran especies como el aliso (*Alnus acuminata*) y el ovillo (*Dactylis glomerata*), que en cierto porcentaje de área presentan una exce-

lente adaptación. Por otro lado, las demás especies presentan una regular adaptación (Tabla 3), sin embargo, estos porcentajes pueden desarrollarse aplicando algunas prácticas de fertilización.

Tabla 3. Disponibilidad espacial de las especies para el sistema agrosilvopastoril en la parcela 2

Especies	Área	Proporción	Adaptación
<b>Papa (<i>Solanum tuberosum</i> )</b>	3,67 ha	20,04 %	Regular
<b>Maíz (<i>Zea mays</i> )</b>	4,3 ha	23,48 %	Regular
<b>Cedro Colorado (<i>Cedrela odorata</i>)</b>	3,73 ha	20,37 %	Regular
<b>Aliso (<i>Alnus acuminata</i> )</b>	1,31 ha	7,15 %	Excelente
	9,21 ha	50,30 %	Regular
<b>Rye Grass (<i>Lolium multiflorum</i> )</b>	3,73 ha	20,37%	Regular
<b>Ovillo (<i>Dactylis glomerata</i>)</b>	2,71 ha	14,8%	Excelente
	15 ha	81,9 %	Regular
<b>Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>)</b>	4,33 ha	23,64%	Regular

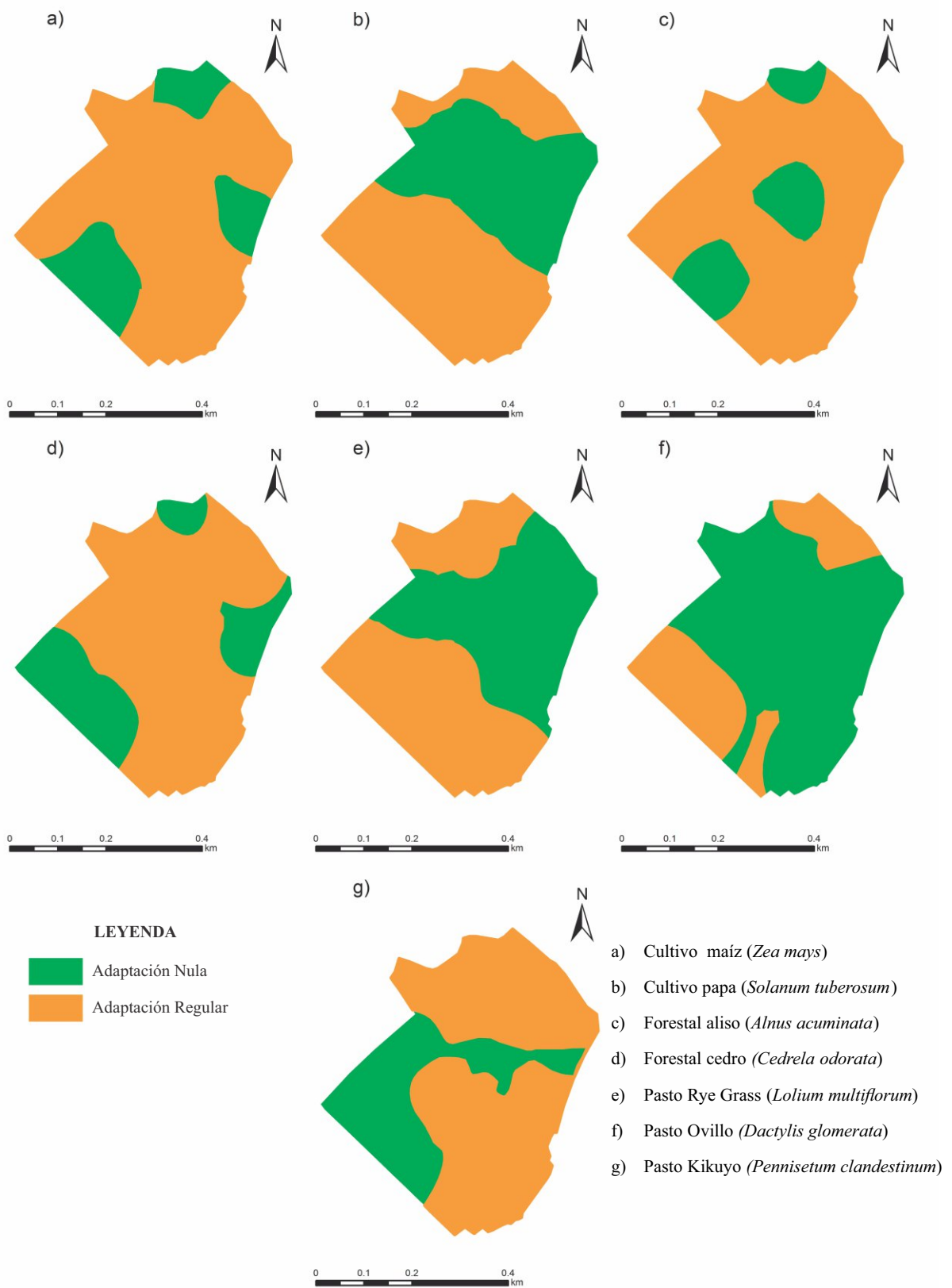


Figura 3. Mapas de zonificación agroecológica - parcela 1

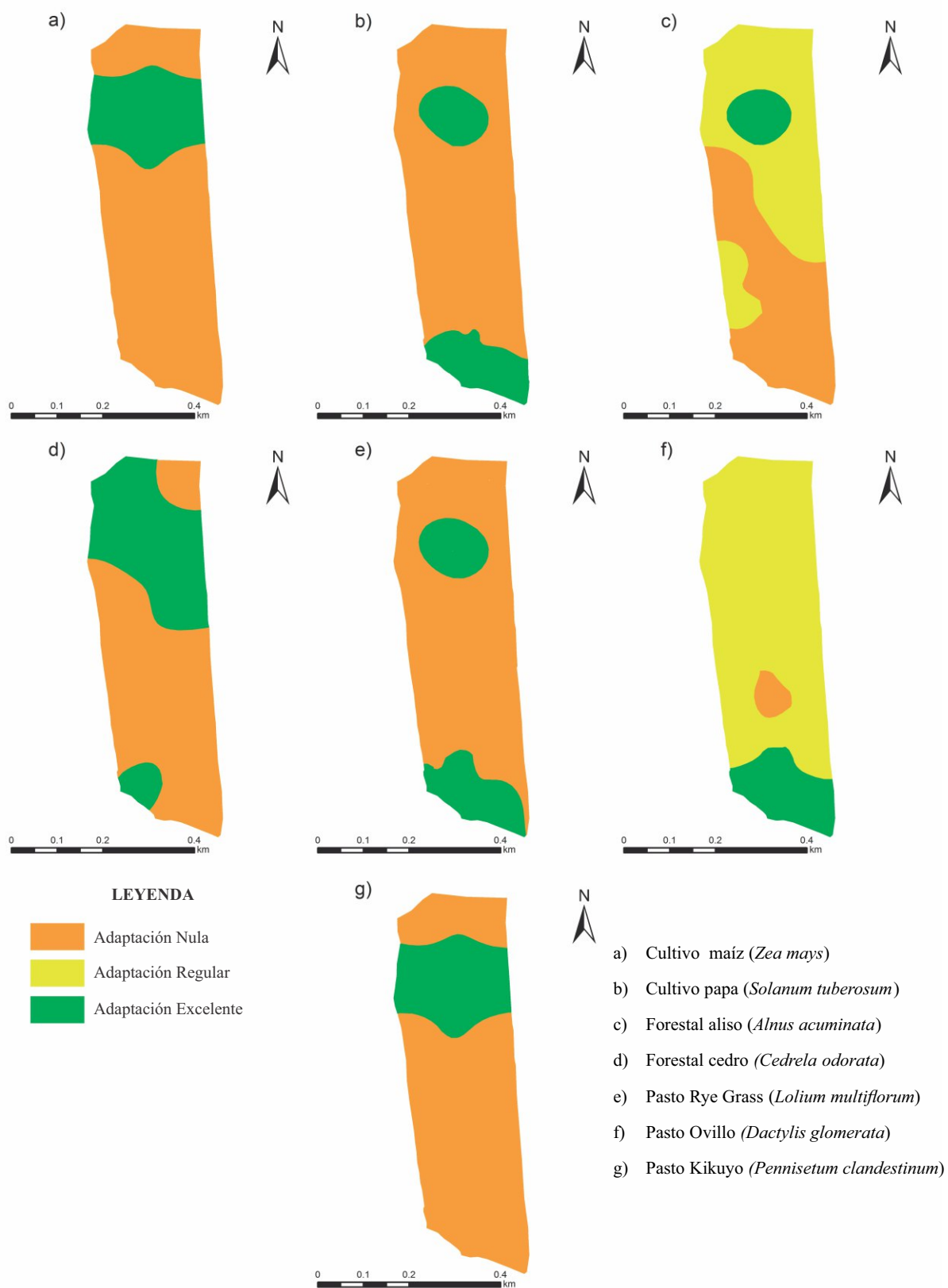


Figura 4. Mapas de zonificación agroecológica – parcela 2



#### IV. DISCUSIÓN

Se realizó la zonificación agroecológica para los sistemas agrosilvopastoriles en el área de estudio, considerando los rangos de clasificación sugeridas por Verheye (1993) y el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2010). Para esto se identificaron los requerimientos agroecológicos de cada especie en comparación con las características ambientales del área de estudio y calificándolo de acuerdo a los rangos para cada una de las variables.

Las zonas donde se presentan nulas adaptaciones para las especies no cumplen con ningún requerimiento del cultivo. Estas áreas se encuentran degradadas a causa de los usos agrícolas que estos han venido manteniendo a lo largo de los años. A su vez estos suelos demandan de una fertilización priorizada para contribuir al aumento de la productividad (González y Hernández, 2016).

Dentro de las características edafológicas que regulan la distribución potencial de cada cultivo estudiado, se encuentra la fertilidad como factor limitante a la adaptación del cultivo en cada parcela estudiada, razón por la cual no se da una excelente adaptación en los mismos, debido a que estos requieren alta fertilidad.

Mediante la zonificación agroecológica se identificaron los lugares donde es posible implementar los sistemas agrosilvopastoriles; además se clasificaron las distintas áreas de la parcela según la mayor o menor adaptación que tenga cada especie. Considerando la distribución espacial en los mapas de zonificación agroecológicas se puede considerar que el cultivo de papas y de ryegrass presentan similar requerimiento agroecológico. Estas especies pueden adaptarse en las mismas áreas de suelo, facilitando la distribución espacial del sistema.

Los resultados de la zonificación no fueron validados con el uso actual de suelo, debido a que los sistemas agrosilvopastoriles no se desarrollan en las áreas de estudio; según Young (2000) es difícil realizar la evaluación de tierras en sistemas cuando los datos son limitados. Por esto, la distribución espacial del sistema agrosilvopastoril en las parcelas podrá ser utilizada

como una herramienta de gestión ambiental y de recursos del suelo.

#### V. CONCLUSIONES

Mediante herramientas de geoprocésamiento se pudieron evaluar todas las condiciones agroecológicas de las especies estudiadas en cada parcela. Esto se realizó mediante un análisis espacial raster con el Model Builder. Asimismo, aplicando el proceso de álgebra de mapas se obtuvo un raster final para cada especie, cuantificando la potencialidad y limitación de cada parcela. Los mapas de zonificación agroecológica para sistemas agrosilvopastoriles constituyen una propuesta de gestión ambiental en el uso de suelo en cada parcela estudiada. Esta información establece niveles de aptitudes edáficas específicas para los tipos de uso de tierras propuestos, con una base de datos cuyas características permitirán proponer nuevas alternativas de uso acorde a los requerimientos de las especies y las condiciones locales.

#### VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEN (Asociación Costarricense para el Estudio de Especies Forestales Nativas). 1992. *Memooria: Segundo Encuentro regional sobre Especies Forestales Nativas*. San José (Costa Rica): ACEN.
- Aggarwal, P. 1997. "Agro-ecological zoning using crop growth simulation models: characterization of wheat environments of India". *Systems approaches for agricultural development 2*: 97-109.
- Alva, H., y B. Chaca. 2013. "Determinación de Zonas Potenciales para Cultivos Frutícolas en la Región Tacna, Mediante Sistemas de Análisis Espacial". *Espacio y Desarrollo* 25: 123-135.
- Arias, S., H. Avila, y M. Copoulos. 2008. *Manual de producción de papa. Entrenamiento y Desarrollo de Agricultores*. Tegucigalpa (Honduras).
- Ceccon E., y O. Miramotes. 1999. "Mecanismos y actores sociales de la deforestación en la ama-

- zonía Brasileña”. *Interciencia* 2: 112-119.
- CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). 2013. *Dactylis glomerata (Pasto Azul, Azul Orchoro)*. Bogotá (Colombia). : CORPOICA. Recuperado de: [http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/3915/1/20061024162632\\_Manejo%20y%20siembra%20de%20pastos%20y%20forrajes.pdf](http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/3915/1/20061024162632_Manejo%20y%20siembra%20de%20pastos%20y%20forrajes.pdf)
- Cortés, G. 1994. *Atlas agropecuario de Costa Rica*. San José (Costa Rica): UNED.
- DRASAM (Dirección Regional de Agricultura San Martín). 2013. *Maíz Amiláceo. Principales aspectos de la cadena Agroproductiva*. San Martín (Perú): DRASAM.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 1997. *Zonificación Agroecológica. Guía general: Servicio de recursos, manejo y conservación de suelos. Dirección de fomento de tierras y aguas*. Bogotá (Colombia): FAO. Recuperado de: <https://www.mpl.ird.fr/crea/taller-colombia/FAO/AGLL/pdfdocs/aezs.pdf>
- González, H. A., y Hernández, J. R. 2016. “Zonificación agroecológica del *Coffea arabica* en el municipio Atoyac de Álvarez, Guerrero, México”. *Investigaciones geográficas* (90): 105-118.
- IIAP (Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana). 2009. *Propuesta de zonificación Ecológica y Económica del Departamento de Amazonas*. Iquitos (Perú): IIAP. Recuperado de: [http://geoservidor.minam.gob.pe/geoservidor/Archivos/Documentos/zee\\_amazonas.pdf](http://geoservidor.minam.gob.pe/geoservidor/Archivos/Documentos/zee_amazonas.pdf)
- Llach L., B. Villegas, A. Martínez, A. Campos, y C. Solano. 2007. *Caracterización de la Agrocadena Cacao*. Quesada (Costa Rica): Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Lescano F. 2009. *Establecimiento de la asociación Rye Grass (Lolium Multiflorum) Trebol Blanco (Triflorium Repens)*. Lima (Perú): SIRIVS.
- Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/116081703/Asociacion-Rye-Grass-Trebol>
- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2010. *Reglamento sobre el uso, manejo y conservación de Tierras*. Lima (Perú): MINSA. Recuperado de: [http://www.inta.go.cr/Normativa/Reglamento\\_Ley\\_Suelos.pdf](http://www.inta.go.cr/Normativa/Reglamento_Ley_Suelos.pdf)
- Morales, N. 2006. *Cultivo de Maíz. Manual de recomendaciones técnicas del cultivo de maíz*. San José (Costa Rica): Ministerio de Agricultura y Ganadería. Recuperado de: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00178.pdf>
- Ortiz A. 2015. *Respuesta del pasto kikuyo a la inoculación: con hongos micorrízicos y a diferentes niveles de nitrógeno y fósforo*. Tesis de Maestría. Universidad de Antioquia. Antioquia (Colombia). Recuperado de: [http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/3528/1/OrtizAcevedoA\\_2015\\_Respu estaspastokikuyo.pdf](http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/3528/1/OrtizAcevedoA_2015_Respu estaspastokikuyo.pdf)
- Pérez, E., y D. Geissert. 2006. “Zonificación agroecológica de sistemas agroforestales: El caso café (*Coffea arabica*, Lin.), Palma Camedor (*Camadorea elegans* Mart.). *INCI* 3: 32-35
- Plasencia E., A. Quiroz, y J. Posadas. 2007. “Escala miento climático en zonas de montañas y sus implicancias en la zonificación agroecológica”. Lima (Perú): CIP.
- Salas R., E. Barboza, y M. Oliva. 2014. “Dinámica multitemporal de índices de deforestación en el distrito de Florida, departamento de Amazonas, Perú”. *INDES Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable* 2 (1): 18-27.
- Sánchez, M., G. Marcela, P. Criollo, T. Carvajal, J. Roa, A. Cuesta, A. Conde, A. Umaña, L. Mey, y L. Barreto. 2010. *El Aliso (Alnus acuminata H.B.K.) Como Alternativa Silvopastoril en el Manejo Sostenible de Praderas en el Trópico Alto Colombiano* Bogotá (Colombia):

- CORPOICA. Recuperado de:  
[http://plantashumedal.weebly.com/uploads/2/0/1/5/20159271/aliso\\_en\\_sistemas\\_silvopastoriles.pdf](http://plantashumedal.weebly.com/uploads/2/0/1/5/20159271/aliso_en_sistemas_silvopastoriles.pdf)
- Suárez, V. 2014. "Apuntes Sobre la Zonificación Agroecológica de los Cultivos: Particularidades en Cuba". *Cultivos Tropicales* 34: 36-44.
- Suquilanda, M. 2007. *Producción orgánica de los cultivos andinos*. Lima (Perú): FAO, Recuperado de:  
[http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/mountain\\_partnership/docs/1\\_produccion\\_organica\\_de\\_cultivos\\_andinos.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/1_produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf)
- Verheye, W. 1993. "Matching land qualities and land use requirement for land suitability classification". En *Evaluación de tierras para una agricultura sostenible*. Ruíz, J. F. (d.). Chapingo (México): Universidad Autónoma Chapingo
- Villa, C., I. Inzunza, y R. Catalán. 2000. "Zonificación agroecológica de hortalizas involucrando grados de riesgo". *Terra* 19: 1-7.
- Young, A. 2000. *Land resources. Now and for the future*. Cambridge (UK): Cambridge University Press.