

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

ESCUELA DE POSTGRADO

**MAESTRÍA EN AGROECOLOGÍA
MENCION GESTIÓN AMBIENTAL**



**MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN DEL BOSQUE RESERVADO
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA,
TINGO MARÍA – PERÚ**

TESIS

Para optar el Grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCION GESTIÓN AMBIENTAL

RONALD HUGO PUERTA TUESTA

Tingo María – Perú

2007



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
ESCUELA DE POSGRADO

Av. Universitaria s/n – Telefax (062) 561070 – E. Mail: epgunas@hotmail.com

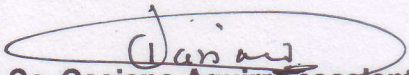
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad universitaria a los dieciséis días del mes de enero del 2007, siendo las 4:20 p.m., reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la UNAS, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:


**“MODELO DIGITAL DE ELEVACION DEL BOSQUE RESERVADO DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DELA SELVA - TINGOMARIA”**

a cargo del Candidato al Grado de Maestro en Agroecología con mención en Gestión Ambiental **Ronald Hugo, PUERTA TUESTA**. Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el jurado procedió a emitir su fallo declarando por ... **A.P.R.O.B.A.D.O** con el calificativo de **.E.X.C.E.L.E.N.T.E**

Acto seguido, siendo a horas...**5:50**.. p.m., el presidente dio por levantado la ceremonia procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros integrantes del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.


M. Sc. Casiano Aguirre Escalante
Presidente de Jurado


M. Sc. Ladislao Ruiz Rengifo
Miembro del Jurado


M. Sc. Luis Valdivia Espinoza
Miembro del Jurado

M. Sc. Carlos Huatuco Barzola
Miembro del Jurado

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la vida, y por dotarme del mejor regalo: MI FAMILIA

A mi amada esposa SILVIA PATRICIA y a mi hijo que está en camino, con profundo amor, por ser las personas que siempre acompañan mis pasos.

A mis adorados padres OFELIA y RONALDO, con profundo amor y eterno agradecimiento.

A mis queridos hermanos OFELIA MARÍA y JORGE MARTÍN, con especial cariño, por la amistad que siempre nos unió.

A mis abuelitos ANITA CAUPER y PLINIO TUESTA, por el ejemplo de constancia y valor, con mucho cariño y amor.

Vive en paz con Dios, contigo mismo y con tu prójimo, sé generoso y llena siempre tu espíritu y tu mente de ideas sanas y buenos sentimientos.

AGRADECIMIENTO

- A la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva y docentes de la Mención Gestión Ambiental por contribuir en mi especialización profesional.
- Al Ing. M.Sc. Carlos Huatuco Barzola, patrocinador del presente trabajo, por sus aportes durante todo el trabajo de investigación.
- Al Ingeniero M.Sc. Ytavclerh Vargas Clemente y docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva por su valiosa contribución en el presente trabajo.
- A los amantes del SIG: Ing. M.Sc. Carlos M. Carbajal, Ing. M.Sc. Rafael Robles, Arq. Jorge Muguruza y Bach. Fernando Reátegui mi sincero agradecimiento, por la información oportuna.
- A los Ingenieros Elith María Alejandro López y Juan Carlos Chávez Figueroa, por el incansable apoyo durante toda la maestría.
- A los jurados de tesis: Ing. M.Sc. Casiano Aguirre, Ing. M.Sc. Ladislao Ruiz e Ing. M.Sc. Luís Valdivia, por sus oportunas sugerencias.
- A la familia Alejandro López, mis queridos suegros, por su apoyo moral e incondicional durante la ejecución del presente trabajo.
- A la familia Tuesta Cáuper; a mis tíos Talsa Marina, Hugo Ronald, Jorge Jaime y Ana María por su constante apoyo para alcanzar mis metas.
- A la familia Vilcarromero Vega; a mis tíos Gregorio, Eleodoro y Laura, por el apoyo incondicional.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	14
2.1. Concepto de modelo.....	14
2.2. Modelo digital del terreno (MDT).....	14
2.3. Modelo digital de elevación (MDE).....	14
2.4. Generación de los MDE.....	15
2.5. Captura de información.....	15
2.5.1. Métodos directos.....	15
- Estaciones topográficas.....	15
- Sistemas de posicionamiento global (GPS).....	16
2.5.2. Métodos indirectos.....	16
- Digitalización.....	16
- Restitución análoga.....	17
- Restitución digital.....	17
2.6. Interpolación espacial.....	17
2.7. Métodos de interpolación.....	18
2.7.1. Red Irregular de Triangulación (TIN).....	18
2.7.2. Curvatura mínima (Spline).....	18
2.7.3. Interpolación ponderada por el inverso de la distancia.....	19
2.7.4. Kriging.....	19
2.8. Evaluación de la calidad del MDE.....	21

2.9. Estándares de calidad para los MDE.....	22
2.10. Clasificación fisiográfica de la zona.....	22
2.11. Clasificación fisiográfica del BRUNAS.....	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
3.1. Descripción de la zona de trabajo.....	24
3.1.1. Lugar de ejecución.....	24
3.1.2. Condiciones climáticas.....	24
3.1.3. Ecología.....	24
3.1.4. Composición florística.....	25
3.2. Materiales y equipos.....	27
3.2.1. Materiales.....	27
3.2.2. Equipos.....	27
3.3. Metodología.....	27
3.3.1. Zonificación del BRUNAS.....	28
3.3.2. Obtención de puntos.....	29
3.3.3. Interpolación y generación del MDE.....	30
3.3.4. Evaluación del MDE.....	31
3.3.5. Elaboración del mapa de pendientes.....	32
3.3.6. Elaboración del mapa de orientación o exposiciones.....	33
3.3.7. Proyección de los mapas.....	33
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
4.1. De la variable altitudinal en el MDE.....	35
4.2. De la evaluación del MDE.....	43
4.3. De la pendiente.....	44

4.4. De las orientaciones o exposiciones.....	49
V. CONCLUSIONES.....	52
VI. RECOMENDACIONES.....	54
VII. SUMMARY.....	56
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	58
IX. ANEXO.....	61

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Características topográficas y estadígrafos por estratos.....	31
2. Clasificación altitudinal del BRUNAS.....	37
3. Clasificación del BRUNAS de acuerdo a la pendiente.....	45
4. Clasificación fisiográfica del BRUNAS.....	48
5. Clasificación del BRUNAS de acuerdo a la orientación.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Método de interpolación Kriging.....	21
2. Ubicación política del BRUNAS.....	27
3. Flujograma para la elaboración del MDE y su evaluación.....	35
4. Histogramas de frecuencias de la altitud.....	38
5. Variograma del MDE.....	39
6. Perfil longitudinal del BRUNAS.....	40
7. Mapa altitudinal del BRUNAS.....	41
8. Modelo digital de elevación del BRUNAS (ArcGis 9.1).....	42
9. Modelo digital de elevación del BRUNAS (Surfer 8.0).....	43
10. Valor del EMC por unidad fisiográfica del BRUNAS.....	44
11. Clasificación del BRUNAS de acuerdo al tipo de pendiente.....	46
12. Mapa de pendientes del BRUNAS.....	47
13. Mapa fisiográfico del BRUNAS.....	49
14. Clasificación del BRUNAS de acuerdo a la orientación.....	51
15. Mapa de orientaciones.....	52

RESUMEN

El presente trabajo se ha ejecutado en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS), ubicado a 1.5 km de la ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, con la finalidad de elaborar el modelo digital de elevación (MDE), evaluar la calidad del mismo en base a las normas de la Agencia Cartográfica de los Estados Unidos y analizar las variables altitud, pendiente y orientaciones fundamentales para el manejo forestal, mediante el uso de sistemas de información geográfica.

Los puntos empleados como insumos para la elaboración del MDE fueron obtenidos a partir de curvas de nivel con una separación altitudinal de 40 m digitalizadas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), e interpolados mediante el método Kriging, utilizando los programas ArcView 3.2, ArcGis 9.1 y Surfer 8.0.

Analizando el MDE del BRUNAS, esta área se encuentra ubicada entre los 667 y 1092 m.s.n.m. cuya altitud se incrementa en la dirección de Oeste a Este. Se ha diferenciado tres unidades fisiográficas bien definidas; colinas bajas, colinas altas y montaña baja, las que varían fundamentalmente en altitud y pendiente.

La calidad del MDE fue evaluada mediante el método estadístico calculando el error medio cuadrático (EMC), en base al cual se ha encontrado

los siguientes valores; para las geoformas de colinas bajas 0.58 m; para las de colinas altas 2.58 m y para montañas bajas 4.74 m, los cuales de acuerdo a la norma estándar empleada, el EMC encontrado no supera la mitad del intervalo de la curva de nivel, cumpliendo con los estándares de calidad cartográfica. El incremento del error en la zona montañosa se atribuye a la morfología del terreno con relieve predominantemente abrupto y mayores pendientes que influye en sumo grado en la calidad del MDE.

Respecto a la pendiente, son tres las zonas encontradas con mayor extensión que presentan los siguientes valores; empinado a muy empinado con 33.12 ha (25 a 50% de pendiente), muy empinado a fuertemente empinado con 22.36 ha (50 a 75 % de pendiente) y fuertemente empinado a extremadamente empinado con 15.26 ha (> 75 % de pendiente) y en conjunto constituyen el 70.74% del total del área en estudio, valores que son determinantes para la planificación, elaboración y ejecución de los planes de manejo forestal. Referente a las orientaciones o exposiciones el 47.19 % del bosque se encuentra orientado al Occidente, mientras que sólo el 3.92% se encuentra orientada al Este. El comportamiento de ambas variables se explica por la razón que el BRUNAS se encuentra ubicado en una ladera occidental.

I. INTRODUCCIÓN

El Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS), fue creado por Resolución N° 1502 – UNASTM, el 31 de diciembre de 1971, como zona intangible a fin de conservar los recursos naturales: flora, fauna, suelos, agua y diversidad biológica, existentes en este bosque.

El BRUNAS presenta una gran diversidad de especies forestales y de fauna silvestre de incalculable valor científico y cultural, pero lamentablemente el deficiente manejo, ha conllevado a la invasión de esta área por poblaciones aledañas para satisfacer necesidades bioenergéticas.

Actualmente en la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) no se cuenta con una información precisa acerca de las características geomorfológicas, y las formaciones vegetales de acuerdo a la gradiente altitudinal del Bosque Reservado.

La planificación de un manejo forestal requiere necesariamente del conocimiento de las variables topográficas del lugar o área de estudio. Ello implica, que las alternativas de manejo a implementar dependerán de variables como: altitud, pendiente y exposición de las laderas a los rayos solares. Es de esta manera, cómo los sistemas de información geográfica permiten explotar los modelos digitales de elevación (MDE) para obtener información cualitativa y

cuantitativa de gran interés que son ampliamente utilizados en los análisis hidrológicos, yacimientos mineros, gestión de recursos naturales, planificación de transportes, evaluación de impactos ambientales, análisis de probabilidad de riesgo de inundaciones, aplicaciones militares, análisis de erosión de suelos, entre otros.

Para la construcción de cualquier modelo digital de elevaciones se requiere un número significativo de puntos que informen de la altitud del terreno, y a partir de estos puntos y mediante distintas técnicas de interpolación averiguar la altura de todos los puntos existentes. Existen muchas formas de capturar datos sobre la altura del terreno, para el presente trabajo hemos considerado las curvas de nivel de la Carta Nacional digitalizada elaborada por el Instituto Geográfico Nacional, ente rector respecto a la cartografía nacional en el Perú.

El presente trabajo se planteó los siguientes objetivos:

Objetivo general

Elaborar el modelo digital de elevación del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva a partir de curvas de nivel mediante el uso de sistemas de información geográfica.

Objetivos específicos

- Analizar estadística y visualmente el comportamiento de la variable altitudinal en el modelo digital de elevación del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Evaluar la calidad del modelo digital de elevación de acuerdo a la evaluación estadística.
- Analizar el comportamiento de las variables derivadas del modelo digital de elevación mediante la elaboración de los mapas de pendientes y exposiciones del Bosque Reservado, así como sus aplicaciones.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Concepto de modelo

Modelo se define como una representación simplificada de la realidad en la que aparecen algunas de sus propiedades. De esta definición se deduce que la versión de la realidad que se realiza a través de un modelo que pretende reproducir solamente algunas propiedades del objeto o sistema original y, por lo tanto, se ve representado por otro objeto de menor complejidad (Joly, 1988 citado por FELICÍSIMO, 1994).

2.2. Modelo digital del terreno (MDT)

El Modelo digital del terreno es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua (FELICÍSIMO, 1994).

2.3. Modelo digital de elevación (MDE)

El modelo digital de elevación (MDE) se define como una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la altura de la superficie del terreno. La unidad básica de información de un MDE es un valor de elevación Z , al que acompañan los valores correspondientes de

X e Y, que expresados en un sistema de proyección geográfica permiten una precisa referenciación espacial (Lebert, 1973 citado por VILCHEZ, 2000).

2.4. Generación de los MDE

En el proceso de generación de los MDE se puede considerar tres fases que, aún cuando estén bien diferenciadas presentan importantes relaciones:

- Captura de la información o fase de medición.
- Proceso de modelización (Interpolación).
- Evaluación del modelo generado.

Al respecto es importante indicar que para garantizar la calidad final del modelo obtenido, que dependerá de la validez del mismo para resolver problemas concretos de una manera eficiente, es necesario garantizar la calidad de la información, tanto en la fase de captura como en la de modelización. Es así, que día a día aparecen sistemas que nos permiten capturar información más precisa y rápida influyendo de forma notable en el rendimiento de nuestro trabajo.

2.5. Captura de Información

Existen dos métodos de obtener datos geográficos para elaborar un MDE (FELICÍSIMO, 1994).

2.5.1. Métodos directos. Se realiza mediante contacto directo del terreno, y se ejecutan empleando las siguientes herramientas:

- **Estaciones topográficas.** Que a su vez se subdividen en estaciones tradicionales como por ejemplo los teodolitos y niveles, y las

estaciones avanzadas o estaciones totales, que permiten generar y almacenar los resultados de las medidas en formato digital construyendo un MDE en alta resolución.

- **Sistemas de posicionamiento global (GPS).** Este sistema trabaja con una constelación de aproximadamente 24 satélites que se encuentran rodeando toda la tierra. Emplea un método de triangulación para dar la ubicación del usuario en cualquier parte del globo terráqueo. Existen una gran variedad de receptores GPS disponibles en el mercado, desde los más convencionales hasta los más complejos y precisos.

2.5.2. Métodos indirectos. Son lo más frecuentemente utilizados en la elaboración de un MDE, no se necesita acceder físicamente a la totalidad de la zona de estudio. La generación de datos se hace de forma relativamente rápida, cuestión básica cuando el volumen de información es muy elevado. Estos métodos a la vez se subdividen en:

- **Digitalización.** Consiste en convertir información analógica (mapas existentes o imágenes impresas) en información digital. Se puede realizar de dos formas: Mediante el empleo de un tablero digitalizador, y mediante la pantalla del ordenador, que a su vez puede ser semiautomática, usando el Mouse (lo realiza el operador) o en forma automática, rastreando los píxeles de igual intensidad de color (lo realiza el software) para lo cual, se requiere previo escaneo del mapa para conseguir una imagen raster, que colocada como fondo en la pantalla se procede a su vectorización.

- **Restitución análoga.** Para lo cual se emplea como documento básico un par de fotografías aéreas de la zona a estudiar, parcialmente solapadas y tomadas desde puntos de vista diferentes, formando los llamados pares estereoscópicos, y de acuerdo a métodos fotogramétricos se realizan los cálculos para determinar los puntos homólogos, medir el paralaje y estimar la altura del terreno (PACHECO, 2003). Este procedimiento se puede realizar mediante la fotogrametría convencional o digital (AGUILAR *et al.*, 2002).

- **Restitución digital.** Existen otras formas de restitución como la de origen digital, teniendo como base imágenes estereoscópicas del Satélite Spot. Actualmente existen diferentes alternativas como las imágenes proporcionadas por el sensor Aster instalado sobre el Satélite Terra. Del mismo modo se puede obtener datos a partir de los Radares de Apertura Sintética (SAR) y más recientemente con la tecnología LIDAR (Light Detection and Ranging) que es similar al Radar (PACHECO, 2003).

2.6. Interpolación espacial

La interpolación espacial es un proceso matemático utilizado para predecir el valor de un atributo en una ubicación precisa a partir de valores del atributo obtenidos de puntos vecinos ubicados al interior de la misma región (Burrough y Mc Donnell, 1998 citado por ACHUY, 2006). A la predicción del valor de un atributo en lugares fuera de la región cubierta por las observaciones, se lo conoce como extrapolación.

Existen varios métodos de interpolación, según se desee obtener el MDE, dentro de los cuales se menciona los siguientes:

2.7. Métodos de interpolación

2.7.1. Red Irregular de Triangulación (TIN)

El modelo TIN está formado por un conjunto de triángulos adyacentes que no se traslapan, los cuales se derivan a partir de un set de puntos con un espaciamiento irregular. Este modelo almacena la información topológica que define las relaciones entre cada uno de los triángulos y sus vecinos (Ej. Información sobre los vértices y los lados de cada triángulo). Este modelo es apropiado para representar las irregularidades del terreno y para derivar métricas del paisaje tales como: pendiente, aspecto y sombreado del terreno (FALLAS, 2003a).

2.7.2. Curvatura mínima (Spline)

La curvatura mínima es extensamente utilizada en las ciencias de la Tierra. La interpolación de la superficie generada por la curvatura mínima es análoga a una delgada lámina lineal-elástica, pasando a través de cada uno de los valores de datos, con una mínima inclinación o curva (PEREYRA, 1998). Este método es apropiado para superficies que varían en forma gradual tales como: elevación, precipitación, temperatura, concentraciones de contaminantes y profundidad de la tabla de agua; sin embargo no es apropiado para extrapolar valores. Cuando los cambios son muy abruptos no se recomienda utilizar este interpolador (FALLAS, 2003a).

2.7.3. Interpolación ponderada por el inverso a la distancia (IDW)

El método de interpolación de medias móviles ponderadas por la distancia es ampliamente usado en la modelización de superficies. Se basa en la idea intuitiva de que las observaciones más cercanas deben tener más peso en la determinación del valor interpolado en un punto determinado. Se trata de un método exacto y local que estima el valor de la variable Z en un punto no muestral. Probablemente el mayor problema que presenta este método es que los valores interpolados son medias ponderadas que siempre toman valores entre el máximo y el mínimo de los puntos muestrales, lo que reduce su eficacia para modelizar las cotas más altas o bajas de una superficie topográfica, en caso de que estas cotas no pertenezcan al conjunto de puntos muestrales (AGUILAR *et al.*, 2001).

2.7.4. Kriging

Este método asume que la distancia y/o dirección entre puntos de muestreo, es una expresión de la correlación espacial entre los puntos y que por tanto dicha información puede utilizarse para explicar la variabilidad encontrada en la superficie muestreada. El algoritmo de los programas ajusta una función matemática a un determinado número de puntos o a aquellos que se encuentren en un radio de búsqueda. Este interpolador es más complejo que los anteriores y requiere de cierto conocimiento estadístico por parte del usuario. Kriging es un método de multipasos que incluye el análisis estadístico

exploratorio del set de datos, modelamiento del variograma, Interpolación de la superficie y opcionalmente el análisis de la superficie de varianza.

Este interpolador puede utilizarse prácticamente con cualquier tipo de datos ya que es muy flexible. En general, Kriging es considerado como uno de los mejores métodos de interpolación ya que provee estimaciones insesgadas y de varianza mínima. Este interpolador considera tanto la dirección como la magnitud de la correlación espacial en el set de datos (FALLAS, 2003a).

La teoría de las variables regionalizadas asume que la variación espacial de una variable Z , por ejemplo la cota de un terreno, puede ser expresada como la suma de tres componentes (AGUILAR *et al.*, 2001).

$$Z(x) = m(x) + \varepsilon'(x) + \varepsilon''$$

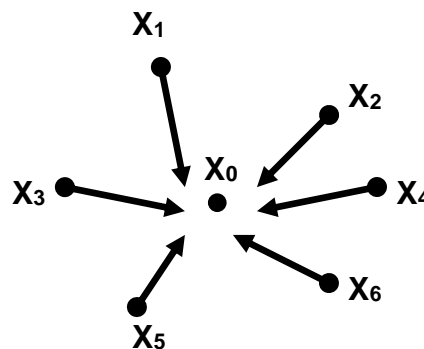


Figura 1. Método de Interpolación Kriging (AGUILAR *et al.*, 2001).

Donde:

- $m(x)$ representa la componente determinística que define la tendencia general de Z , expresado con un valor medio constante o con tendencia

constante. En los casos más simples, cuando no existe tendencia o deriva en los datos; $m(x)$ es igual al medio de la zona de muestreo.

- $\varepsilon'(x)$ es el término que denota los residuos de $m(x)$, denota la componente estocástica, conocida como la variación de la variable regionalizada, aleatoria espacialmente correlacionada.

- ε'' engloba el componente residual o error residual, presentando ningún tipo de correlación (ruido blanco).

2.8. Evaluación de la calidad del MDE

Existen tres criterios para evaluar la calidad del MDE generado, el primero; es el criterio estadístico que se basa en el cálculo del Error Medio Cuadrático (EMC) con los puntos obtenidos de las curvas de control y sus homólogos en el MDE generado. El segundo criterio es el visual; que consiste en comparar el MDE generado con las curvas de nivel digitalizadas, y por último, el criterio morfométrico; basado en la comparación de los drenajes y divisorias de cuencas generados a partir de cada MDE con los ríos y divisorias obtenidos en el mapa topográfico (PACHECO, 2003).

La morfología de la superficie topográfica, la densidad muestral o intervalo de muestreo de los puntos observados y el método de interpolación empleado para rellenar la malla inicial; independientemente de la escala de trabajo, influyen en forma significativa en la calidad del MDE, incrementando el error (AGUILAR *et al.*, 2002).

2.9. Estándares de calidad para los MDE

De acuerdo a los estándares propuestos para la cartografía analógica (Normas de la Agencia Cartográfica de los Estados Unidos de Norteamérica) basados en la gradiente de la topografía y/o la escala del producto cartográfico, los MDE creados a partir de curvas de nivel, deben presentar un error (EMC) máximo permisible de 0.5 veces al intervalo entre curvas de nivel del mapa fuente; además ningún error puede superar el intervalo de una curva de nivel (FALLAS, 2003b).

2.10. Clasificación fisiográfica de la zona

Los terrenos de la UNAS, fisiográficamente se enmarcan en tres grandes paisajes: El gran paisaje de llanura con superficies planas, a plano-onduladas; con material areno arcilloso, el gran paisaje colinoso de carácter dominante constituido por lomadas, colinas bajas, colinas altas ligeramente a fuertemente disectadas; y el gran paisaje montañoso calcáreo, caracterizado por presentar elevaciones de gran magnitud (ZAVALA *et al.*, 2005).

2.11. Clasificación fisiográfica del BRUNAS

Según MARCOS (1996), de acuerdo a la clasificación de Malleux, el BRUNAS presenta la siguiente fisiografía:

- Colinas Bajas Clase 1

Son colinas que tienen una altura relativa máxima de 30 m y con pendientes moderados de 20 al 40%; ocupan aproximadamente 34.30 ha (14.36%) del área total del Bosque Reservado. Los bosques circunscritos en

esta unidad han sido altamente intervenidos se presentan en su mayor parte como pastizales y purmas.

- Colinas Bajas Clase 2

Comprenden una altura relativa entre 30 y 50 m. aproximadamente, con pendientes hasta el 70%. La presencia de esta unidad es mínima dentro del Bosque Reservado, ocupa sólo 2.80 ha (1.17%) del área total.

- Colinas Altas Clase 1

Esta unidad representa a la agrupación de colinas cuya altura relativa es hasta los 80 m. y con pendientes hasta 60%, el área que abarca esta unidad es de aproximadamente 48.15 ha (20.16%). En su mayor parte el área está cubierta por árboles jóvenes y una abundante vegetación arbustiva.

- Colinas Altas Clase 2

Esta unidad está compuesta por colinas de una altura hasta de 100 m. y con pendientes que oscilan entre el 60 y 80%, ocupa aproximadamente 37.0 ha. (15.50%). Al igual que en el caso anterior presenta cierto grado de intervención, aunque es menor debido a que presenta zonas menos accesibles.

- Montaña

Unidad compuesta por las partes más altas del Bosque Reservado, con alturas relativas que superan los 100 m. Presenta dificultades para su acceso tanto por la pendiente como por la ausencia de caminos en buen estado. Esta unidad corresponde a las formas de tierra más altas totalmente degradadas, debiendo ser considerada, como zona de protección.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción de la zona de trabajo

3.1.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo se ejecutó en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS), que corresponde a un área de 217.22 ha y un perímetro de 6935.36 m; ubicado a 1.5 km de la ciudad de Tingo María, en la margen izquierda de la carretera hacia la ciudad de Huánuco. El área pertenece políticamente al distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento Huánuco (Figura 2). Las coordenadas UTM de los puntos perimetrales se describen en el Cuadro 1 del Anexo.

3.1.2. Condiciones climáticas

Respecto al clima del área de estudio, presenta alta pluviosidad con una precipitación anual promedio de 3428.8 mm. Las mayores precipitaciones se producen entre los meses de septiembre a abril y alcanza un máximo extremo en el mes de enero con un promedio mensual de 483.6 mm (ZAVALA, 1999). Con una humedad relativa de 87% y una temperatura media anual de 24°C.

3.1.3. Ecología

Ecológicamente de acuerdo a la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo y el diagrama bioclimático de HOLDRIDGE

(1982), Tingo María se encuentra en la formación vegetal bosque muy húmedo Pre-montano Sub Tropical bmh-PST, y de acuerdo a las regiones naturales del Perú corresponde a Rupa Rupa o Selva Alta.

3.1.4. Composición florística

Son pocos los estudios cuantitativos sobre la diversidad forestal del BRUNAS dentro de los cuales se incluye el trabajo realizado por RODRÍGUEZ (2000), quien menciona que la especie “huangana caspi” *Senefeldera inclinata* (Franco *et. Al.*) es dominante en el bosque primario del BRUNAS, seguido de las especies “shiringa” *Hevea brasiliensis* (Will) M.Arg. S.V., “cicotria” *Psychotria caerulea* R. & P., “huamansamana” *Jacaranda copaia* (c. Mart. Ex Ad. DC) A. Gentry, “caimito” *Pouteria caimito* (Ruiz López-Pavón) Radlk, “cetico” *Cecropia sciadophylla* C. Martius, “cumala” *Virola pavonis* (ADC) A.C. Smith, “apuleya” *Apuleia leiocarpa* (J. Vogel) J.F. Macbride, y “moena” *Nectandra magnoliifolia* Mez.

Mientras que en la parte de bosque secundario del BRUNAS la especie “shimbillo” *Inga alba* (Swartz) Will es la que presenta mayor número de individuos seguido de “sacha uva” *Schefflera morototomi* (Aublet) Maguire *et. al.*, “quina” *Cinchona officinalis* L. Micrantha, “paliperro” *Vitex psedolea* L., “machimango” *Couratori macrosperma* A. C. Smith, “carahuasca” *Guatteria modesta* R. E. Fries, “cumala” *Iryanthera tricornis*, “renaco” *Ficus killipii* (ARG) ARG., “moena” *Persea grandis* Mez., “papaya caspi” *Jacaratia digitata* (OPEP end Soldin Mart), “mauba” *Vochyssia lomathophylla* Stand., “tortuga caspi negra” *Marila laxiflora* Rugby, y “caimitillo” *Pourouma minor* Benoist.

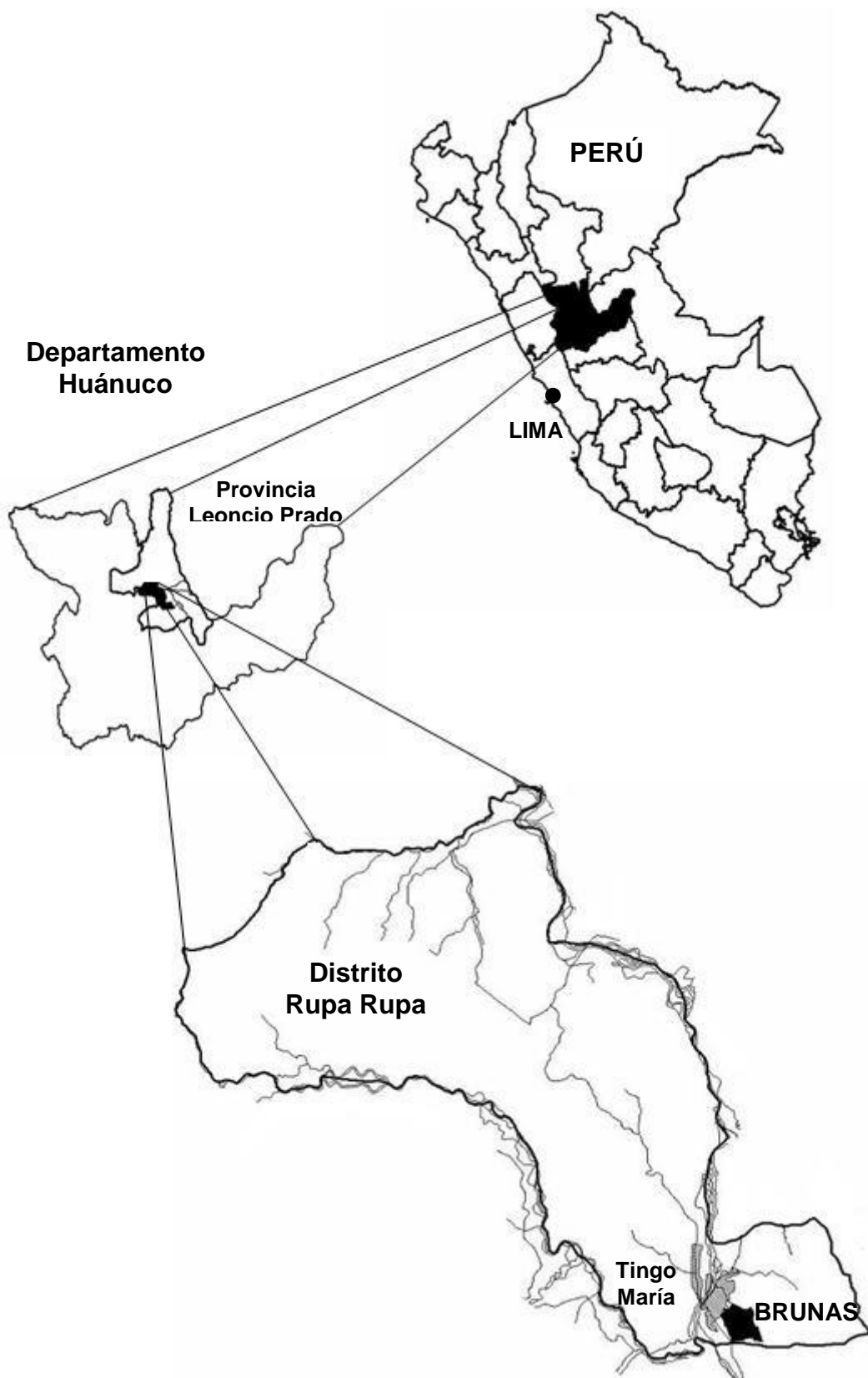


Figura 2. Ubicación política del BRUNAS.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales

- Carta Nacional Digitalizada del IGN: Empalme N° 19 k 1998, de la cual se empleó las curvas a nivel para extraer los insumos necesarios para la interpolación.
- Mapas digitales del BRUNAS, necesarios para la delimitación perimétrica del área en estudio.
- Fotografía aérea de la zona a color año 1998 del Servicio Aerofotográfico Nacional (SAN), que nos permitió determinar la configuración fisiográfica del BRUNAS.
- Libreta de campo.

3.2.2. Equipos

- Brújula y altímetro Brunton, utilizados en la fase de reconocimiento de campo.
- GPS Garmin modelo 76, para localizar los puntos más determinantes para la georeferenciación de la fotografía aérea.
- Softwares Arcview 3.2 y ArcGis 9.1 (ESRI), Surfer 8.0 (GOLDEN SOFTWARE) para la manipulación de datos y el proceso de interpolación y modelamiento.

3.3. Metodología

El modelo digital de elevación del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva se ha elaborado teniendo como base

la Carta Nacional Digitalizada Empalme 19k, del Instituto Geográfico Nacional (IGN), a escala 1: 100 000. Las curvas de nivel tienen una separación altitudinal de 40 m.

Los mapas de curvas a nivel son una fuente aceptable de datos para elaborar MDE, sin embargo; la densidad de los datos estará directamente relacionada con la pendiente del terreno. Áreas con fuertes pendientes tendrán una mayor cantidad de puntos comparados con aquellos ubicados en zonas planas (FALLAS, 2003b).

3.3.1. Zonificación del BRUNAS

En primer lugar se ha realizado caminatas dentro del BRUNAS y en las partes circundantes, georreferenciando los puntos más altos y determinantes en el estudio, a fin de obtener datos precisos de campo y que permitan tener una idea más clara del paisaje.

Posteriormente en gabinete se procedió a zonificar el área en estudio, determinando las unidades fisiográficas. Este procedimiento se ejecutó teniendo en cuenta las curvas de nivel del Instituto Geográfico Nacional y consistió en estratificar el área de estudio dividiendo el BRUNAS de acuerdo a la gradiente altitudinal. Los métodos utilizados obedecen a las normas legales existentes para el ordenamiento territorial y el levantamiento de suelos detallados en el Decreto Supremo N° 033 – 85 – AG, documento que ha sido compilado y reeditado el año 2002 por la Oficina de Evaluación e Información de Recursos Naturales del INRENA.

La zonificación tuvo como finalidad generar áreas homogéneas y definidas en base a la configuración fisiográfica, con el objeto de realizar el muestreo de puntos más representativos posible en cada una de las unidades que permitan disminuir el error de muestreo y conseguir una interpolación adecuada. Según la clasificación fisiográfica encontrada por ZAVALA *et al.*, (2005), se determinó tres áreas bien definidas: Colina Baja, con alturas que oscilan entre los 40 m y 80 m sobre la base local; Colina Alta, con alturas superiores a los 80 m e inferiores a los 300 m; Montaña baja, con elevaciones superiores a los 300 m, considerándose como base local el nivel del río Huallaga con una altitud de 630 m.s.n.m. valor encontrado a la altura de la zona conocida como Playa Tingo.

3.3.2. Obtención de puntos

Para obtener los puntos que sirvieron de insumos para la elaboración del modelo digital de elevación, en primer lugar se incrementó el número de curvas de nivel, disminuyendo la separación altitudinal de 40 m a 10 m mediante la opción *Create contours* del Menú SURFACE en la extensión 3D ANALYST (Arcview), y empleando la extensión *Divide2.avx* se añadió puntos sobre las curvas de nivel creándose un “tema de puntos” que lo denominamos Masa de Puntos (N), FALLAS (2003a). El número de puntos por unidad dependió principalmente de la fisiografía del terreno, incrementándose la densidad de puntos en la zona montañosa y disminuyendo en la zona de colina baja (Cuadro 1). En algunos casos, para la obtención de puntos, se consideró no sólo el área de estudio sino también partes adyacentes al BRUNAS, como

es el caso de la geoforma Montaña baja, que por encontrarse en el flanco occidental del cerro “Cachimbo” tuvo que considerarse además, parte del flanco oriental; a fin de obtener un mejor modelo de toda la montaña.

Cuadro 1. Características topográficas y estadígrafos por estratos.

Indicadores	Unidad fisiográfica		
	Colina baja	Colina alta	Montaña baja
Área (ha)	22.91	150.74	43.57
Método de muestreo	Sobre curvas	Sobre curvas	Sobre curvas
Distancia entre puntos (m)	45	35	25
Número de puntos	565	1845	2862
Z* máxima (m.s.n.m.)	730	870	1120
Z* media (m.s.n.m.)	694.40	801.20	976.50
Z* mínima (m.s.n.m.)	650	720	880
Desv. est. de Z	19.42	41.80	63.54

*Valor encontrado en las curvas de nivel de 10 m de separación.

3.3.3. Interpolación y generación del MDE

La generación del MDE se realizó empleando el interpolador Kriging. Este proceso está basado en el variograma para una mejor interpolación de los puntos. El variograma es la herramienta que nos permite analizar el comportamiento espacial de una variable, teóricamente es la función que mejor refleja las características espaciales de la variable en estudio; para nuestro caso la altura (PÉREZ *et al.*, 2000). El MDE del BRUNAS se obtuvo

mediante el Programa ArcGis 9.1 (ESRI) en su visualizador especializado en 3D denominado ArcScene, utilizando el menú 3D ANALYST, mientras que el variograma se obtuvo empleando el Programa Surfer 8.0 (GOLDEN SOFTWARE). Eligiendo la opción *Variogram* del Menú GRID, para lo cual las coordenadas X,Y,Z fueron introducidas en la Hoja de Trabajo (Worksheet) y guardados en formato *dat*.

3.3.4. Evaluación del MDE

La evaluación o validación del MDE se comprobó teniendo en cuenta la validación estadística. Para ello se calculó el error medio cuadrático (EMC) a partir de los puntos de control (n). Según AGUILAR *et al.* (2002) el EMC es el error obtenido al realizar la transformación de un sistema de coordenadas original a otro, cuanto mayor sea el error, menor será la precisión del modelo. Se consiguió empleando la siguiente fórmula:

$$EMC = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z_i^e - Z_i^r)^2}{n}}$$

Donde:

Z_i^e = Valor estimado de la altitud del *i*-ésimo punto de control.

Z_i^r = Valor real de la altitud del *i*-ésimo punto de control.

n = Número de puntos de control.

Para determinar “n” se empleó la siguiente la fórmula:

$$n = \frac{CV^2 * t^2}{E^2}$$

Donde:

CV^2 = Coeficiente de variabilidad.

t^2 = Es el valor de la distribución normal estandarizada para un nivel de confianza del 95% (alfa =0.05) el valor de Z es 1.96.

n = Número de puntos de control

E^2 = Error máximo permisible

Los valores de “n” fueron determinados para cada unidad fisiográfica.

3.3.5. Elaboración del mapa de pendientes

A partir del MDE generado, se puede calcular variables muy importantes para el manejo forestal, como es el caso de pendientes y orientaciones o exposiciones del área en estudio. Para el cálculo de pendientes del terreno se consideró ocho rangos; Plano a casi plano, casi plano a ligeramente inclinado, ligeramente inclinado a moderadamente inclinado, moderadamente inclinado a fuertemente inclinado, fuertemente inclinado a empinado, empinado a muy empinado, muy empinado a fuertemente empinado, fuertemente empinado a extremadamente empinado. Se empleó la opción *Surface Análisis – Slope*, del Programa ArcGis 9.1, determinándose los valores de la pendiente en porcentaje.

3.3.6. Elaboración del mapa de orientaciones o exposiciones

La exposición es la dirección donde mira la cuesta o la dirección de la pendiente, definida por la celda y ocho de sus vecinos circundantes (ACHUY, 2006). Para calcular las orientaciones se consideró ocho puntos cardinales: Norte, Este, Sur, Oeste, Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste, además se incluyó la clase que representa las zonas planas, cuya exposición considera a todas las anteriores. Se empleó la opción *Surface Análisis – Aspect*, determinándose las exposiciones desde 0° a 360°.

3.3.7. Proyección de los mapas

Las coordenadas de los mapas de pendientes y orientaciones del BRUNAS fueron proyectadas al Sistema Universal Transversal Mercator (UTM), en el Datum WGS 84 zona 18L Hemisferio Sur, mediante el visualizador Arc Catalog del programa ArcGis 9.1.

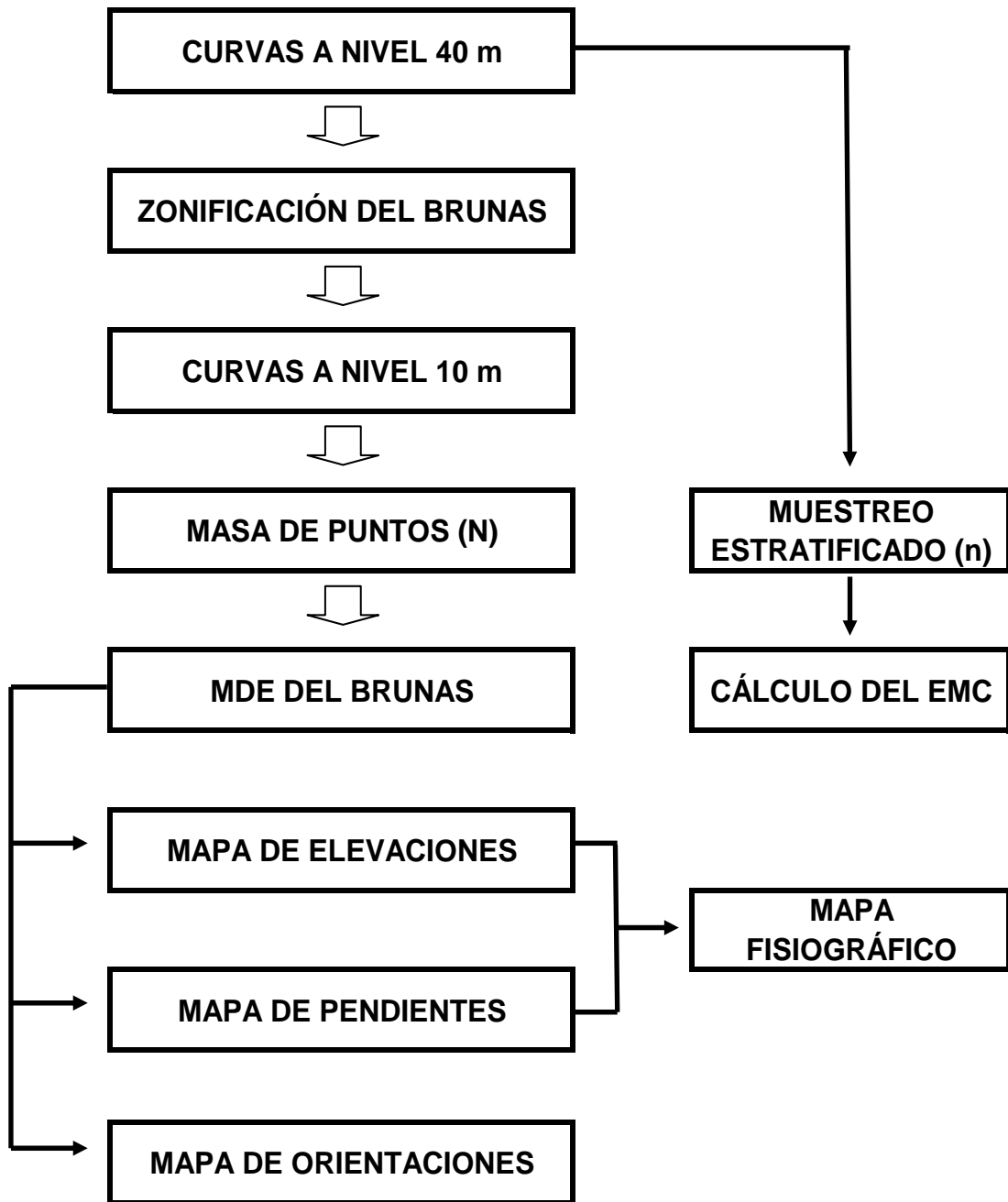


Figura 3. Flujograma para la elaboración del MDE y su evaluación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. De la variable altitudinal en el MDE

El análisis de la altitud en el MDE se inicia con una descripción estadística exploratoria de los datos, con un total de 5272 puntos de muestreo empleados para la interpolación, obteniéndose un intervalo de altura que va desde los 667 hasta los 1092 m.s.n.m dentro del BRUNAS. El histograma de frecuencia absoluta nos muestra la distribución de la altitud, que presenta una distribución semejante a una distribución normal, notándose los picos más altos entre los 880 y 895 m.s.n.m. con 124 puntos de muestreo encontrados dentro de este rango (Figura 4). Para analizar aún más la característica altitudinal del bosque se elaboró el variograma (Figura 5), como se puede apreciar refleja mejor el comportamiento espacial de esta variable (PÉREZ *et al.*, 2000), presentando la altitud dentro del BRUNAS un comportamiento lineal, que se incrementa de Oeste a Este, tal como se aprecia en el perfil longitudinal del BRUNAS (Figura 6).

La zona comprendida entre los 700 y 800 m.s.n.m. presenta mayor extensión con 90.28 ha, mientras que el área comprendida entre los 1000 y 1092 m.s.n.m. presenta una menor superficie con sólo 13.68 ha (Cuadro 2), debido principalmente que el área en estudio se encuentra ubicado en el flanco occidental del cerro Cachimbo. La clasificación del terreno en rangos de

elevación (Figura 7), es un proceso que no genera cambios en los valores, debido a que la altitud es independiente en comparación a otras variables que dependen directamente del MDE.

Cuadro 2. Clasificación altitudinal del BRUNAS

Altitud (m.s.n.m.)	Área	
	ha	%
667 - 700	28.85	13.28
700 - 800	90.28	41.56
800 - 900	56.25	25.89
900 - 1000	28.15	12.96
1000 - 1092	13.68	6.30
Total	217.22	100.00

Haciendo un análisis visual al MDE del BRUNAS (Figura 8 y Figura 9), se aprecia las características fisiográficas predominantes en el área de estudio en las que destaca el gran paisaje colinoso con una pendiente moderada y el gran paisaje montañoso con pendientes muy fuertes propias de esta zona (ZAVALA *et al.*, 2005). En la dirección de Este a Oeste presenta un sistema de tres colinas que se fusionan en forma casi perpendicularmente a la zona montañosa conocida como cerro Cachimbo. Entre colina y colina se han formado las quebradas, por donde discurren los cauces de esorrentía o drenaje que forman el sistema hidrológico del BRUNAS.

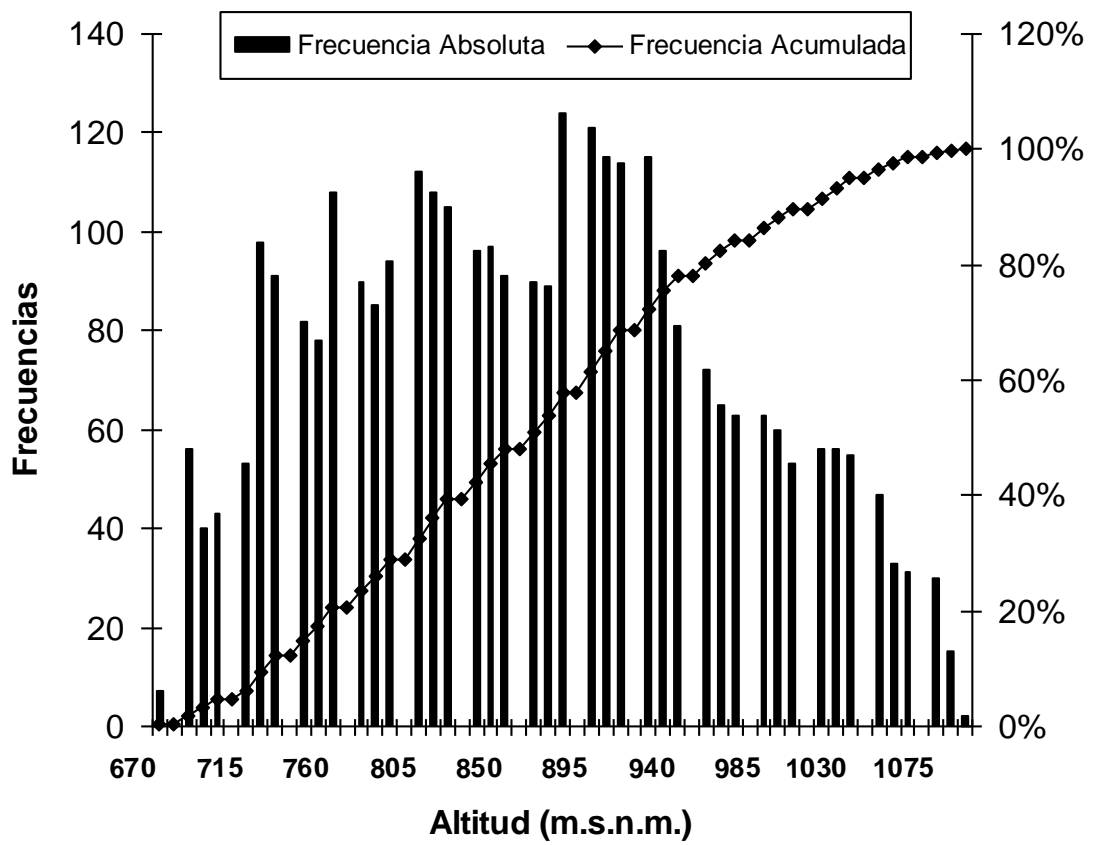


Figura 4. Histogramas de frecuencias de la altitud

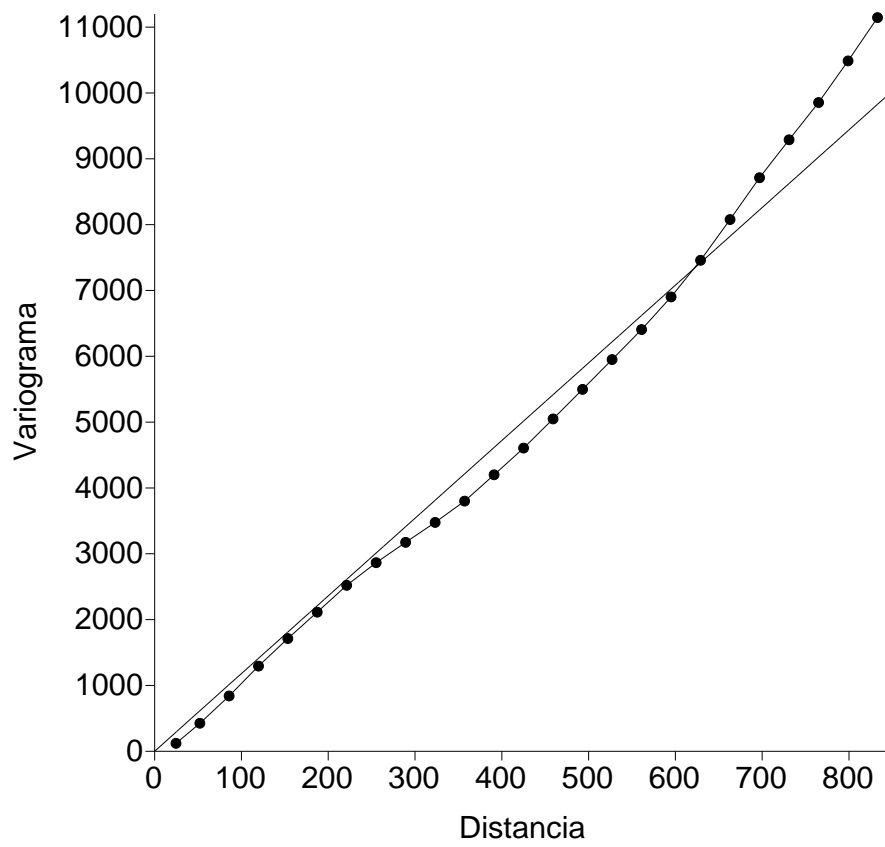


Figura 5. Variograma del MDE

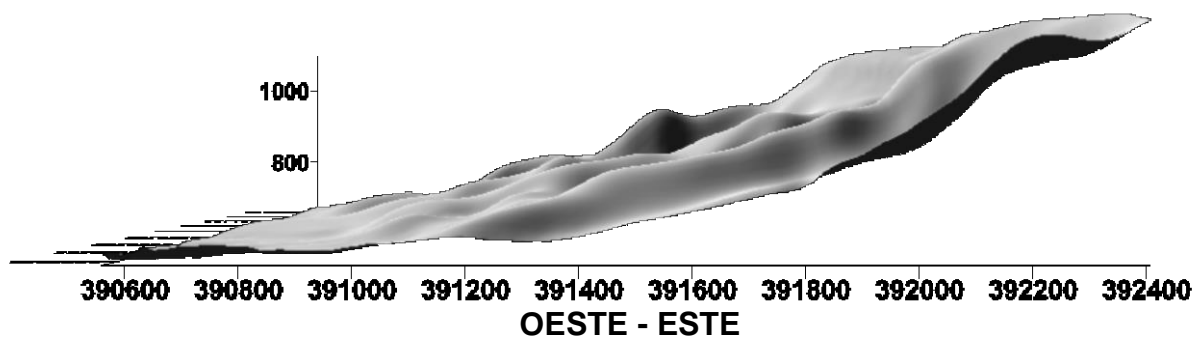
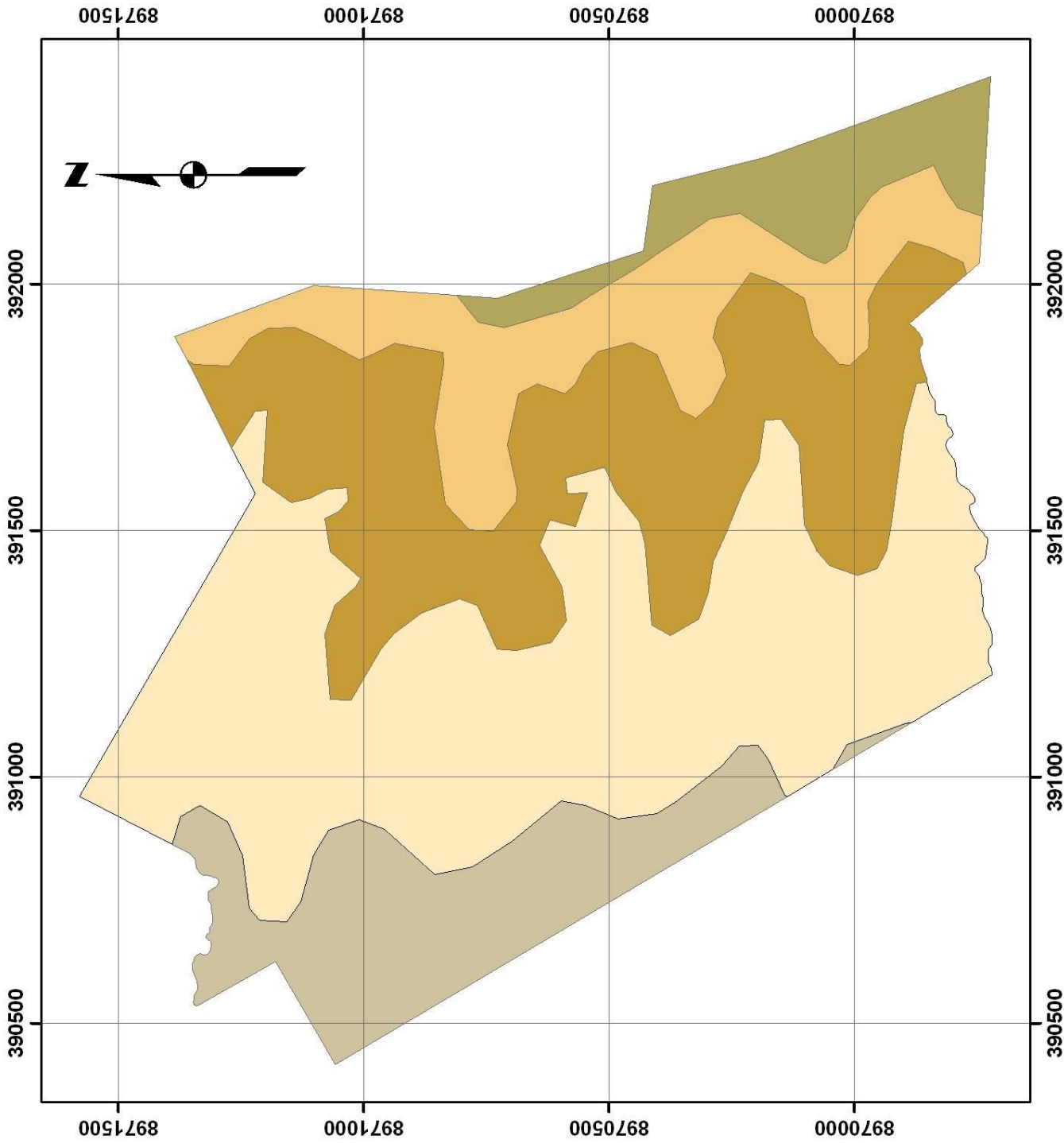
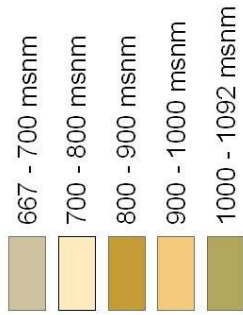


Figura 6. Perfil longitudinal del BRUNAS



LEYENDA



CLASIFICACIÓN ALTITUDINAL		
ALTITUD (m.s.n.m.)	ÁREA	
	ha	%
667 - 700	28.85	13.28
700 - 800	90.28	41.56
800 - 900	56.25	25.89
900 - 1 000	28.15	12.96
1 000 - 1 092	13.68	6.30
TOTAL	217.22	100.00

UNIVERSIDAD AGRARIA DE LA SELVA			
Escuela de Postgrado			
Mapa Altitudinal del BRUNAS			
Zona: UTM 18L	Datum: WGS 84	Fuente: IGN 1998	
Escala: 1 : 12,000	Fecha: Dic. 2006	Ejecutado: Ronald Puerta	

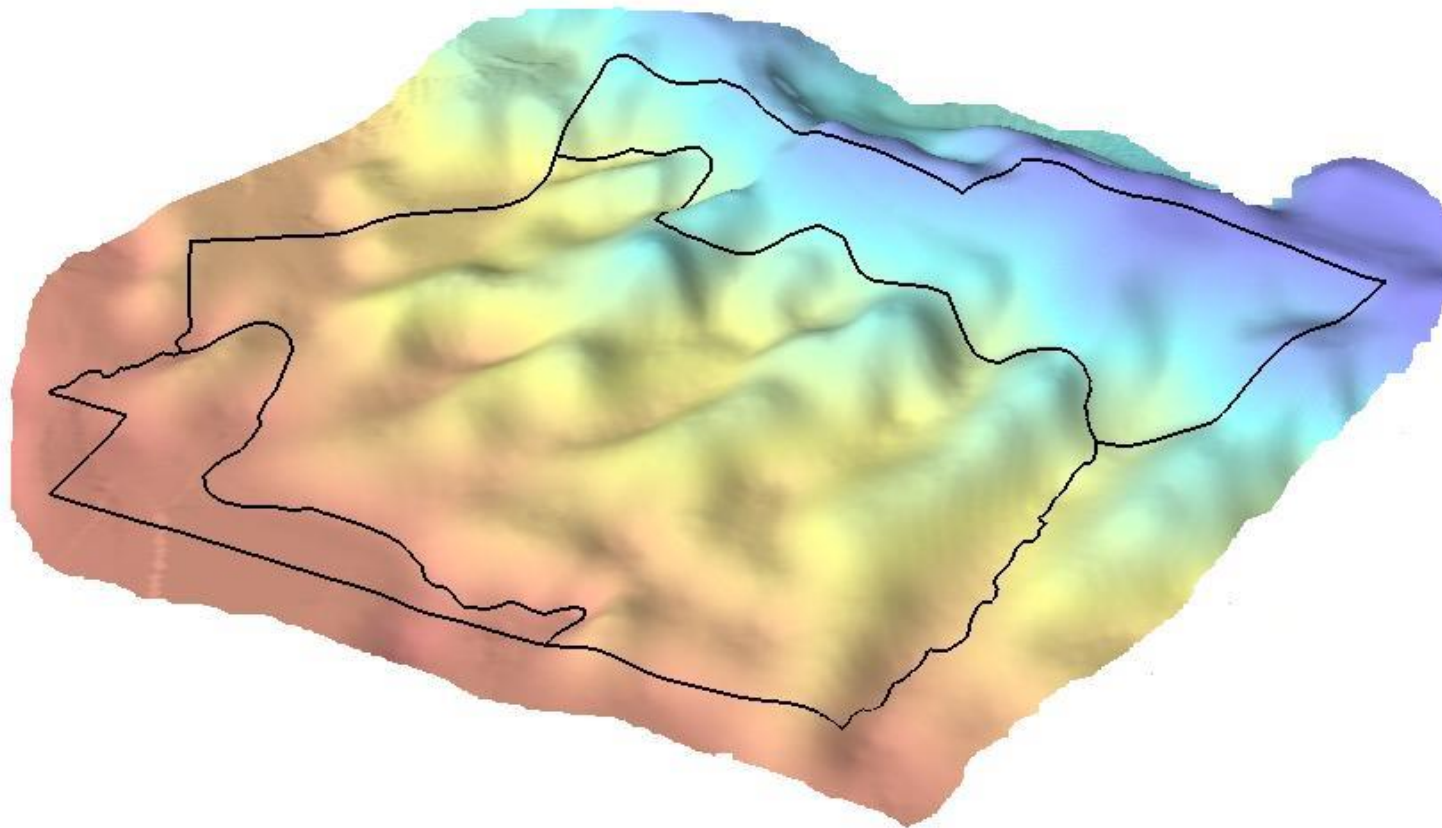


Figura 8. Modelo digital de elevación del BRUNAS (ArcGis 9.1).

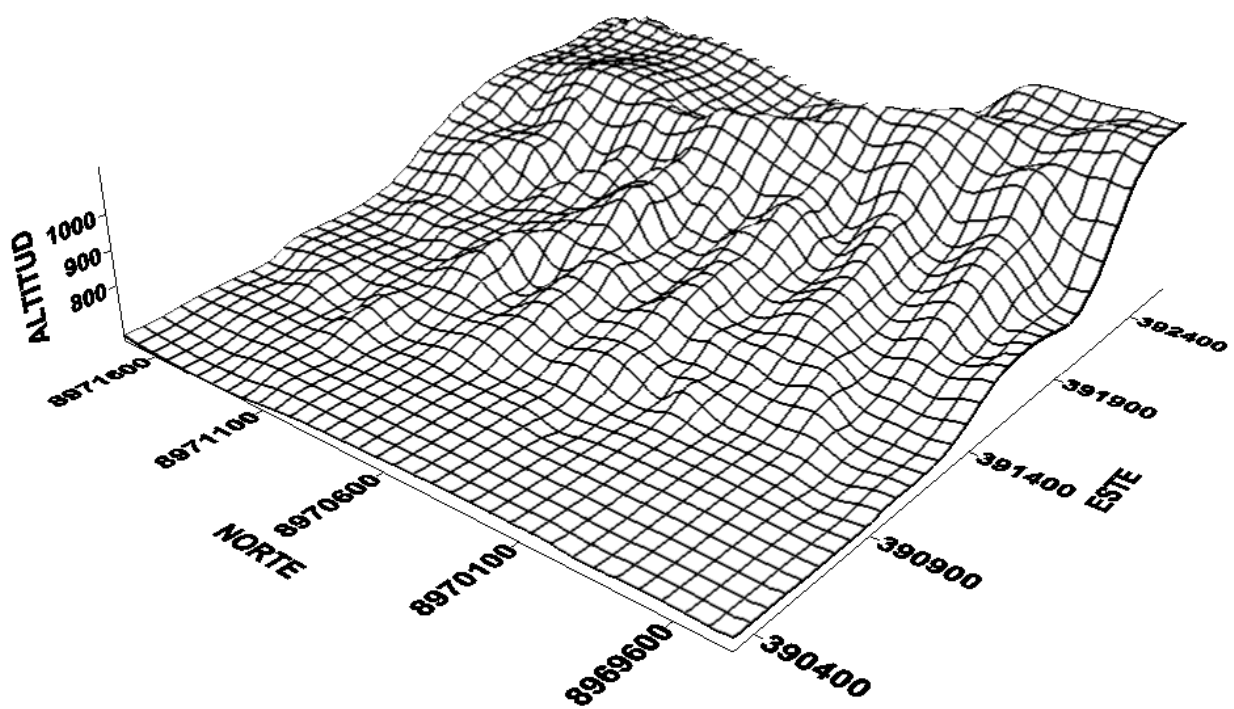


Figura 9. Modelo digital de elevación del BRUNAS (Surfer 8.0).

4.2. De la evaluación del MDE

Respecto a la evaluación del MDE creado por el ArcGIS 9.1, para las tres geformas encontradas, el valor del EMC es inferior a 5.0 m (Figura 10), cumpliendo con la norma aplicada por la Agencia cartográfica de los Estados Unidos (FALLAS, 2003b), teniendo en cuenta que los puntos de muestreo fueron extraídos de curvas a nivel con una separación altitudinal de 10 m. El mayor error encontrado (4.74 m) corresponde a la zona de Montaña baja, esto ocurre debido que la morfología del terreno influye significativamente en la calidad del modelo incrementando el EMC (AGUILAR *et al.*, 2002), presentando esta unidad fisiográfica valores de pendiente superior al 75%.

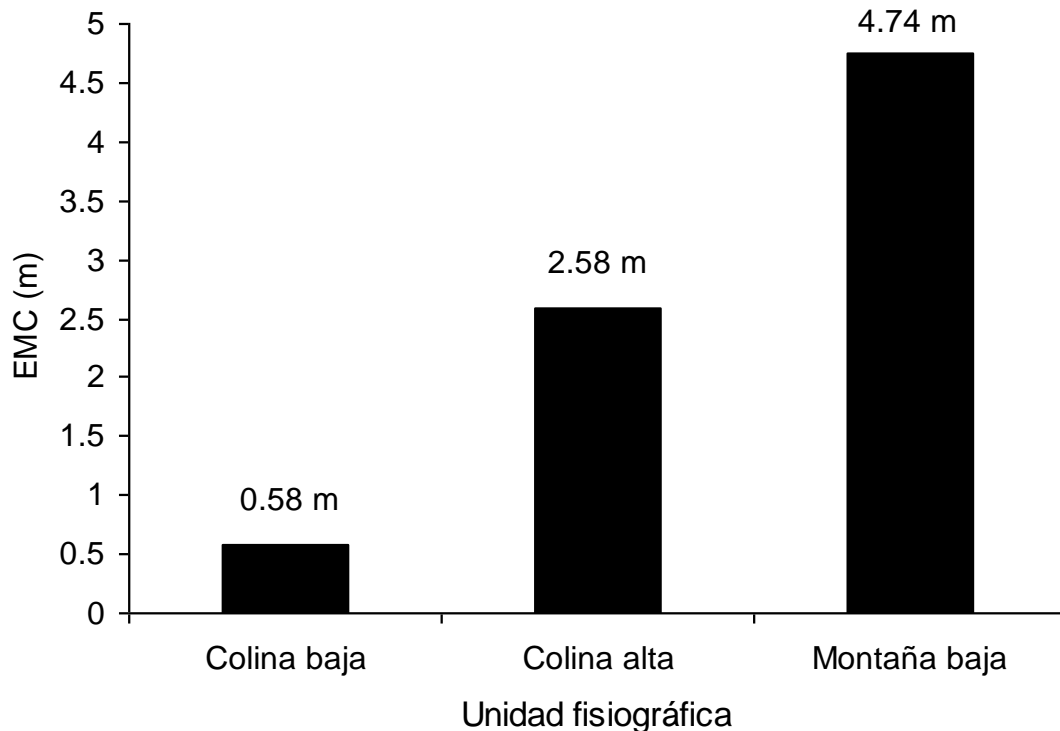


Figura 10. Valor del EMC por unidad fisiográfica del BRUNAS

4.3. De la pendiente

De acuerdo a la clasificación del BRUNAS por cada tipo de pendiente expresado en porcentaje (Cuadro 3), se observa que la zona con pendiente del tipo empinado a muy empinado (25 a 50%) presenta una mayor superficie (71.95 ha), lo que representa el 33.12% de la extensión total del BRUNAS, mientras que el área con pendientes del tipo casi plano a ligeramente inclinado (2 – 4%) presenta una menor superficie (6.70 ha) representando sólo el 3.08% del área total.

Cuadro 3. Clasificación del BRUNAS de acuerdo al tipo de pendiente.

Símbolo	Descripción	Valor (%)	Área	
			ha	%
A	Plano a casi plano	0 - 2	8.13	3.74
B	Casi plano a ligeramente inclinado	2 - 4	6.70	3.08
C	Ligeramente inclinado a moderadamente inclinado	4 - 8	11.46	5.27
D	Moderadamente inclinado a fuertemente inclinado	8 - 15	12.95	5.96
E	Fuertemente inclinado a empinado	15 - 25	24.31	11.19
F	Empinado a muy empinado	25 - 50	71.95	33.12
G	Muy empinado a fuertemente empinado	50 - 75	48.58	22.36
H	Fuertemente empinado a extremadamente empinado	> 75	33.15	15.26
Total			217.22	100.00

Asimismo, se aprecia que las tres zonas con mayor área son las que presentan pendientes de los tipos; empinado a muy empinado (33.12 ha), muy empinado a fuertemente empinado (22.36 ha) y fuertemente empinado a extremadamente empinado (15.26 ha), con valores superiores al 25% de pendiente, y en conjunto constituyen el 70.74% del total del área en estudio (Figura 11). Esto puede ser explicado que gran parte del BRUNAS se encuentra ubicado en un bosque de ladera.

En el mapa de pendientes del BRUNAS (Figura 12), se observa que según se incrementa la altitud (de Oeste a Este), el valor de la pendiente se va incrementando, esto ocurre debido a que existe una relación directamente proporcional entre la altitud y la pendiente; a mayor altitud mayor valor de la pendiente.

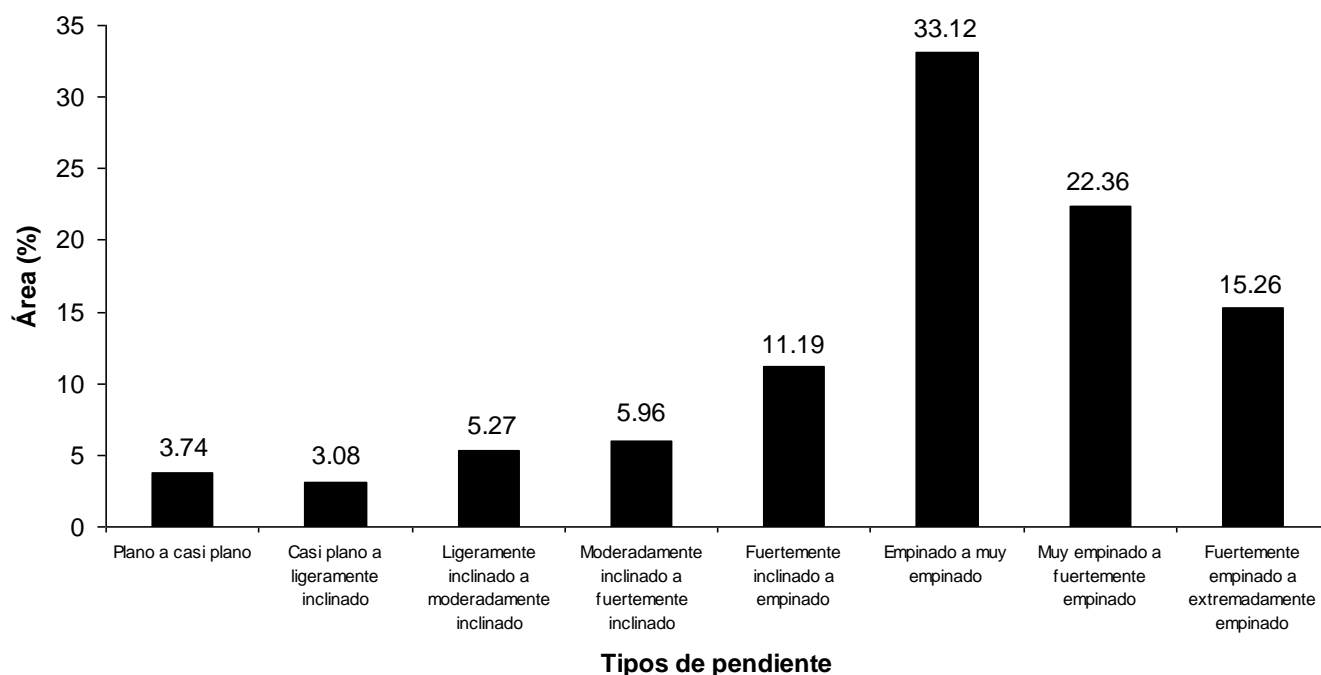
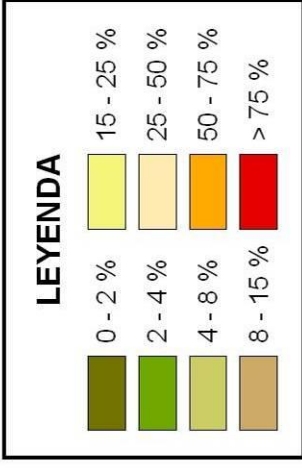
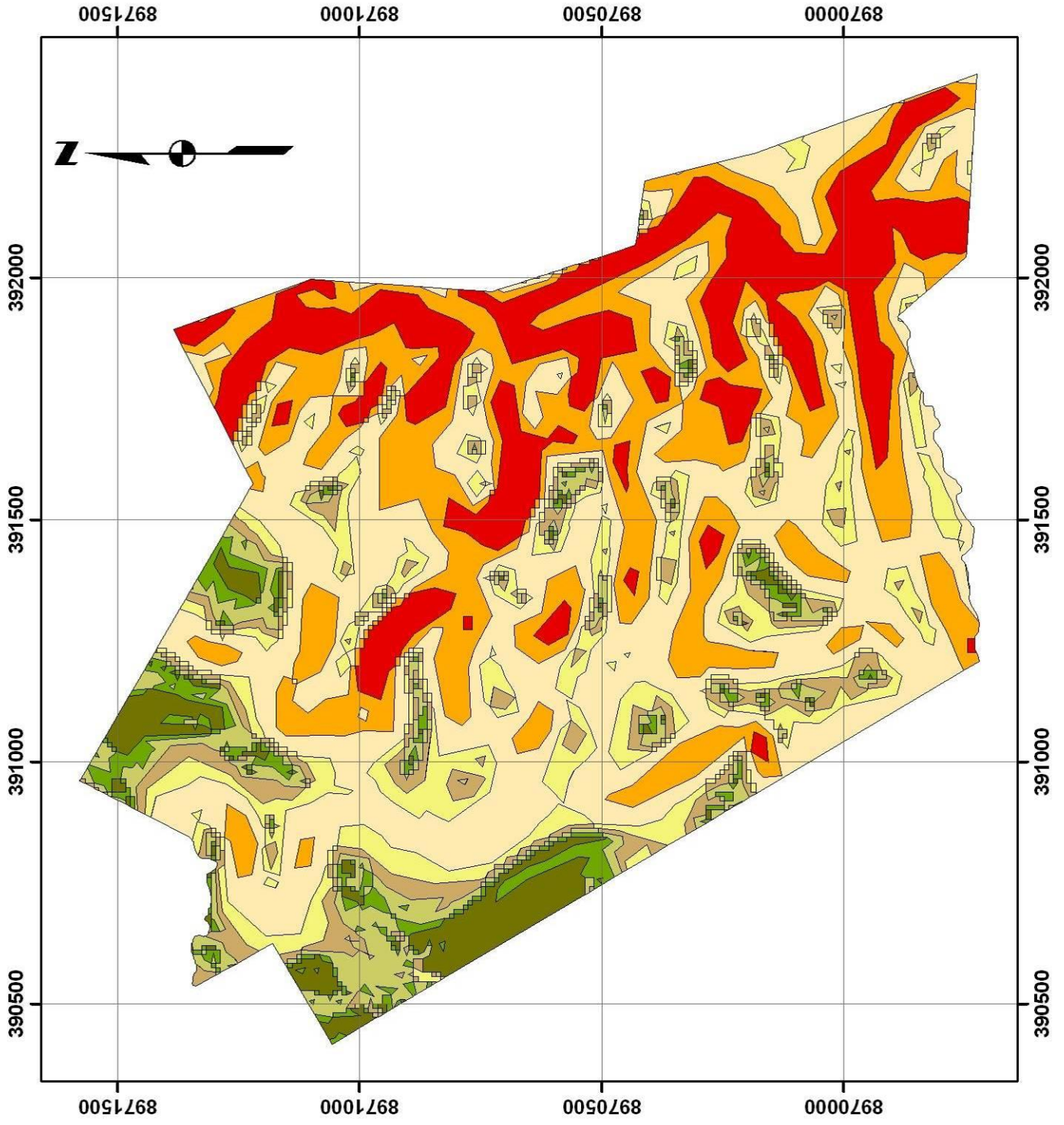


Figura 11. Clasificación del BRUNAS de acuerdo al tipo de pendiente.



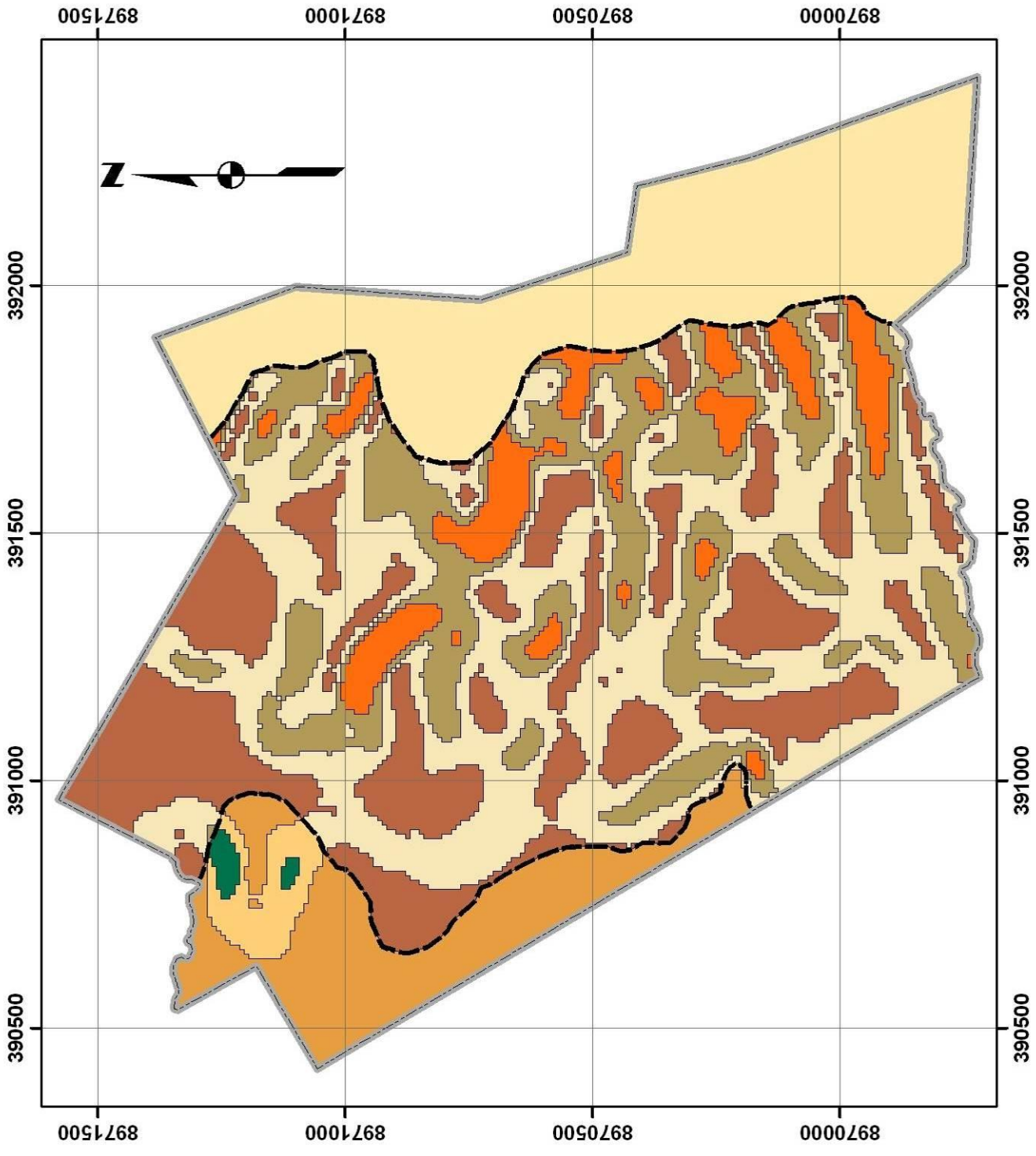
TIPOS DE PENDIENTES			
SÍMBOLO	VALOR (%)	ÁREA	
		ha	%
A	0 - 2	8.13	3.74
B	2 - 4	6.70	3.08
C	4 - 8	11.46	5.27
D	8 - 15	12.95	5.96
E	15 - 25	24.31	11.19
F	25 - 50	71.95	33.12
G	50 - 75	48.58	22.36
H	> 75	33.15	15.26
TOTAL		217.22	100.00

UNIVERSIDAD AGRARIA DE LA SELVA			
Escuela de Postgrado			
Mapa de Pendientes del BRUNAS			
Zona:	Datum:	Fuente:	
UTM 18L	WGS 84	IGN 1998	
Escala:	Fecha:	Ejecutado:	
1 : 12,000	Dic. 2006	Ronald Puerta	



Teniendo en cuenta el valor de las variables altitud en m.s.n.m. y pendiente en porcentaje es posible elaborar el mapa fisiográfico a nivel detallado mediante los sistemas de información geográfica (Figura 13). En el cual se observa las características individuales por cada unidad fisiográfica encontrada.

Cuadro 4. Clasificación fisiográfica detallada del BRUNAS.





Gran paisaje	Paisaje	Sub paisaje	Elementos del paisaje	Símbolo
Colinoso	Denudacional	Baja	Ligeramente disectada	CbD1
			Moderadamente disectada	CbD2
		Alta	Ligeramente disectada	CaD1
	Moderadamente disectada		CaD2	
	Fuertemente disectada		CaD3	
	Lomada		Lo	
Talud		Td		
Montañoso	Denudacional	Baja		Mb






LEYENDA


 límites del brunas
 límites entre unidades

Colina Alta

 Td
 CaD1
 CaD2
 CaD3

Colina Baja

 Lo
 CbD1
 CbD2

 Montaña Baja

UNIVERSIDAD AGRARIA DE LA SELVA					
Escuela de Postgrado					
Mapa Fisiográfico del BRUNAS					
Zona:	UTM 18L	Datum:	WGS 84	Fuente:	IGN 1998
Escala:	1 : 12.000	Fecha:	Dic. 2006	Ejecutado:	Ronald Puerta

4.4. De las orientaciones o exposiciones

En la clasificación del BRUNAS de acuerdo a las diferentes orientaciones expresado en grados (Cuadro 5), se puede observar que la zona con orientación del Suroeste a Oeste presenta mayor extensión con 55.40 ha, que representa el 25.5 % de la extensión total del BRUNAS, mientras que la zona Plana, que considera todas las clases de orientaciones, presenta la menor superficie con 2.76 ha lo que significa 1.27 % del área total.

Cuadro 5. Clasificación del BRUNAS de acuerdo a la orientación.

Símbolo	Descripción	Valor (°)	Área	
			ha	%
P	Plano	Ninguno	2.76	1.27
N - NE	Norte a Noreste	0 - 45	12.61	5.81
NE - E	Noreste a Este	45 - 90	4.23	1.95
E - SE	Este a Sureste	90 - 135	4.28	1.97
SE - S	Sureste a Sur	135 - 180	10.23	4.71
S - SO	Sur a Suroeste	180 - 225	40.90	18.83
SO - O	Suroeste a Oeste	225 - 270	55.40	25.50
O - NO	Oeste a Noroeste	270 - 315	47.12	21.69
NO - N	Noroeste a Norte	315 - 360	39.69	18.27
Total			217.22	100.00

Del mismo modo se puede observar que las dos zonas con exposición hacia el Oeste; Suroeste a Oeste y Oeste a Noreste, constituyen en conjunto una superficie de 102.52 ha, que representa el 47.19 % del total del BRUNAS, mientras que las zonas con menor extensión son las orientadas hacia el Este con un total de 8.51 ha lo que significa 3.92% de la superficie total (Figura 14), esto es explicado debido a que la morfología del BRUNAS representa una ladera orientada o expuesta principalmente al occidente como se aprecia en el mapa de orientaciones (Figura 15). La clase de exposición en un lugar determinado, es una variable que depende significativamente de la morfología del terreno.

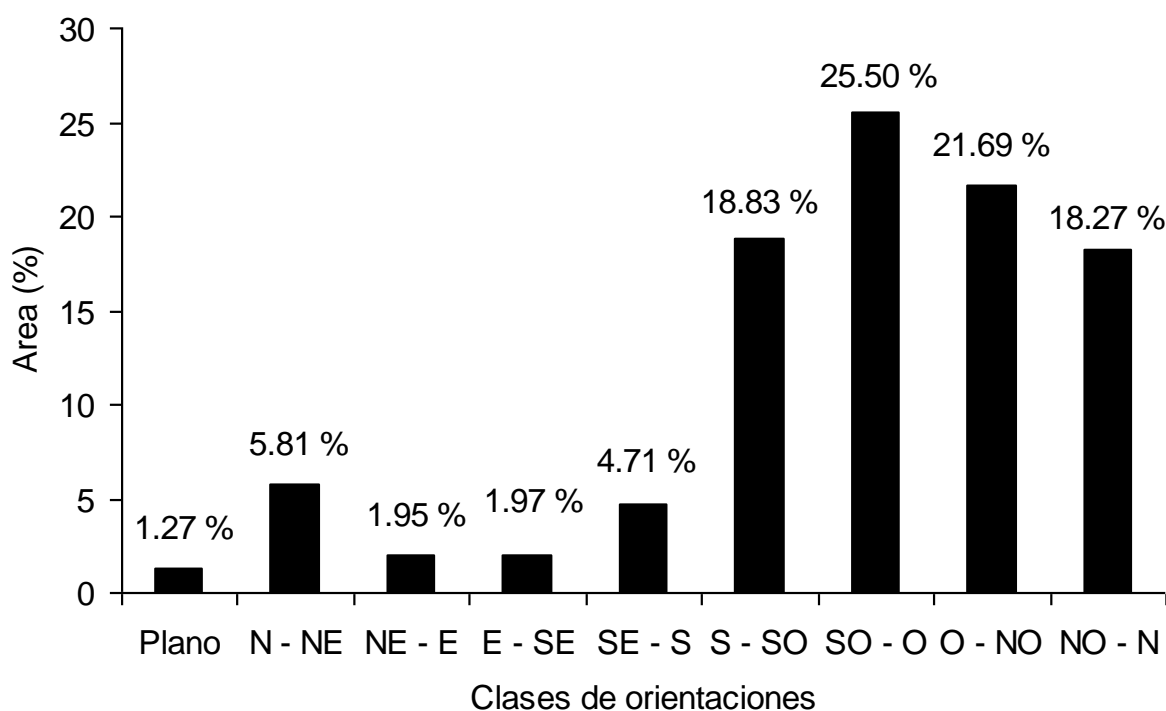
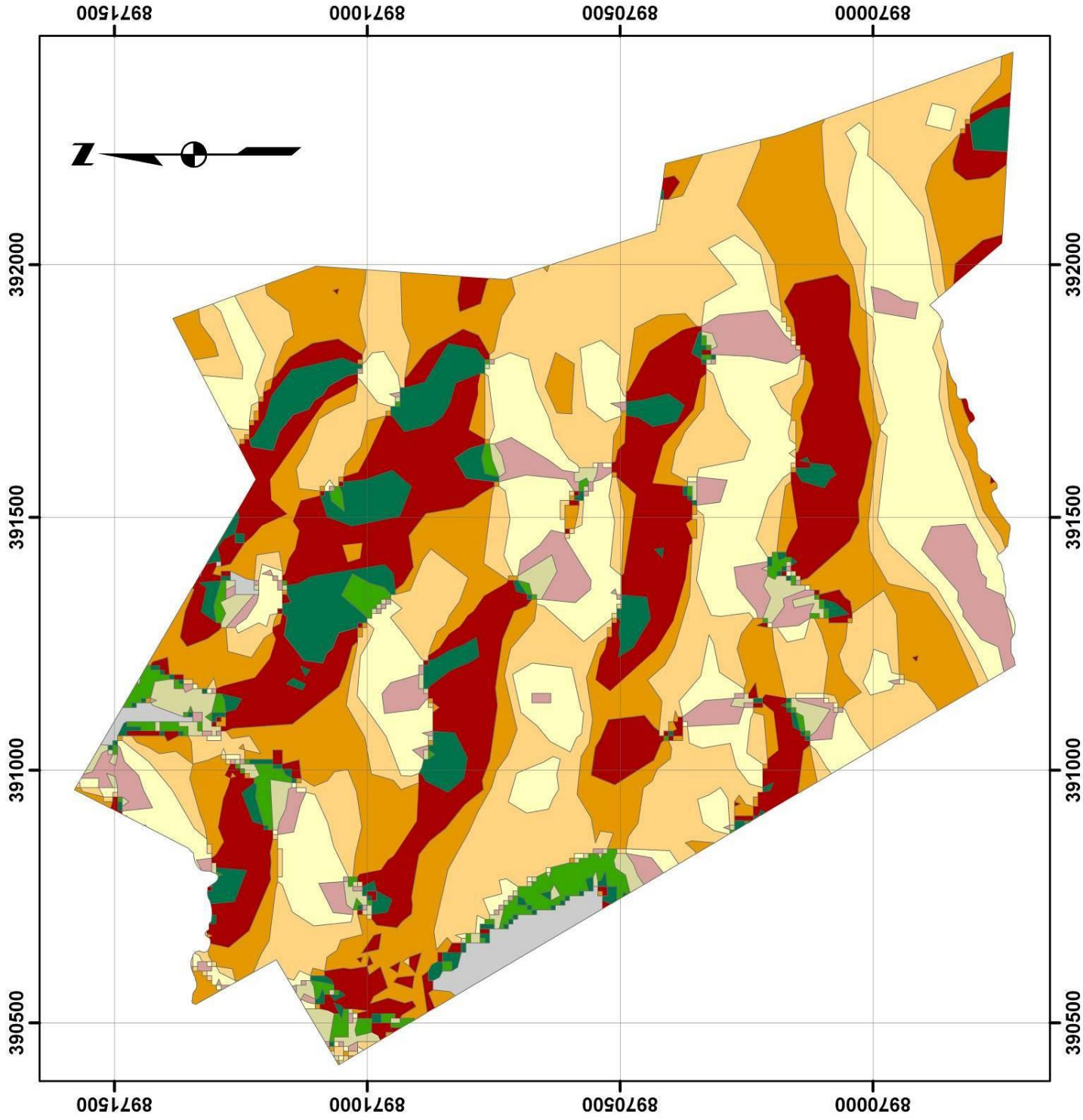


Figura 14. Clasificación del BRUNAS de acuerdo a la orientación.



LEYENDA

Plano	S - SO
N - NE	SO - O
NE - E	O - NO
E - SE	NO - N
SE - S	

CLASES DE ORIENTACIONES

Descripción	Valor (°)	Area (ha)
Plano	Ninguno	2.76
N - NE	0 - 45	12.61
NE - E	45 - 90	4.23
E - SE	90 - 135	4.28
SE - S	135 - 180	10.23
S - SO	180 - 225	40.90
SO - O	225 - 270	55.40
O - NO	270 - 315	47.12
NO - N	315 - 360	39.69
TOTAL		217.22

UNIVERSIDAD AGRARIA DE LA SELVA
Escuela de Postgrado

Mapa de Orientaciones del BRUNAS

Zona:	Datum:	Fuente:
UTM 18L	WGS 84	IGN 1998
Escala:	Fecha:	Ejecutado:
1 : 11,000	Dic. 2006	Ronald Puerta

V. CONCLUSIONES

1. El Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, de acuerdo al modelo digital de elevación encontrado, presenta una altitud que va desde los 667 hasta los 1092 m.s.n.m., esta variable tiene un comportamiento lineal que se ve incrementado de Oeste a Este. Se diferencia en el paisaje tres unidades fisiográficas bien definidas: colinas bajas hasta los 80 metros de altura sobre la base local; colinas altas desde los 80 hasta los 300 metros; y montaña baja con altitudes que superan los 300 metros sobre la base local.
2. El MDE generado a partir de curvas de nivel con ArcGis 9.1, evaluado mediante el cálculo del Error Medio Cuadrático (EMC), cumple con la norma estándar de calidad, la cual menciona que en la utilización de curvas de nivel de 10.0 m de separación altitudinal el EMC no debe sobrepasar los 5.0 m.
3. El 70.74 % del área total del BRUNAS presenta una pendiente que corresponde a los rangos desde empinado a extremadamente empinado cuyos valores superan al 25%, lo que indica que pertenece a una zona eminentemente de protección.

4. El tipo de pendiente en el terreno se ve relacionada directamente con la gradiente altitudinal; pendientes empinadas a extremadamente empinadas son propias de las zonas altas. La pendiente es una variable que depende directamente del valor de la altitud y su incremento dentro del BRUNAS, ocurre en la dirección de Occidente a Oriente, dirección en la cual se incrementa la altitud.

5. El 47.19 % del área total del BRUNAS, presenta una orientación hacia el Oeste, debido a que la morfología del terreno constituye una ladera orientada principalmente al Occidente.

6. Las unidades fisiográficas determinadas dentro del BRUNAS, permiten establecer los usos, limitaciones y particularidades que se deberán tomar en cuenta para la implementación de los planes de manejo de la zona en estudio. El ordenamiento del BRUNAS, en base a las características encontradas, nos permitirá el aprovechamiento sostenible de sus recursos naturales inmersos en él.

VI. RECOMENDACIONES

1. Considerar las características morfométricas del BRUNAS, en la planificación, implementación y ejecución de actividades de manejo que estén encaminadas en primer lugar a la conservación de la cobertura vegetal, reforestación, actividades de turismo, conservación de fauna silvestre y sobre todo garantizar el ciclo normal del recurso hídrico.
2. Elaborar modelos de elevación digital a nivel distrital y provincial para la obtención y análisis de variables que permitan la mejor planificación en el ordenamiento territorial, manejo de cuencas hidrográficas y recuperación y conservación de suelos.

VII. SUMMARY

The present investigation was carried out in the Reserved Forest of the National Agrarian University of the Jungle (BRUNAS), located to 1.5 km from Tingo María city, district of Rupa Rupa, province of Leoncio Prado, department of Huánuco, with purpose of elaborate the digital model elevation (DEM), evaluating the quality of itself, on the basis of the standards of The United States's Cartographic Agency and analyze the variables: altitude, slope and fundamental orientations for the forest management, using the geographic information systems.

The points used as raw materials to the DEM's elaboration were obtained from curves of level with an altitudinal separation of 40 m digitized for the National Geographic Institute (IGN). The interpolation method used was Kriging, using the programs ArcView 3.2, ArcGis 9.1 and Surfer 8.0.

Examining the BRUNAS's DEM, this area is located between 667 and 1092 m.s.l. whose altitude increases in the direction from West to East, it was differentiated three units physiographical well distinguished; Low hills, high hills and low mountain, which vary fundamentally in altitude and slope.

The DEM's quality was evaluated through the statistical method, calculating the medium quadratic error (EMC), on base to which was found the following values; for low hills 0.58 m; high hills 2.58 m and low mountain 4.74 m; which, according to the standard rules used, the EMC found does not surpass

half the interval of the level curve, in agreement with the cartographic quality standards. The increment of the error in the mountainous zone is attributed to the land's morphology relief predominantly abrupt and high slope that he influences in the DEM's quality.

In relation to the slope, there are three zones found with major extension that present the following values: from slope to higher slope with 33.12 ha (25 to 50% of gradient), from higher slope to very high slope with 22.36 ha (50 to 75% of gradient) and from very high slope to extremely high slope with 15.26 ha (> 75% of gradient). These as a whole represent the 70.74% of the total researched area. These are determinant for planning, elaboration and carrying out the plans of the forestall management. In reference to the orientations or exposition, the 47.19% of the forest is oriented the west, whereas the only 3.92% is oriented to the east.

The behaviour of both variables are explained because of the BRUNAS is located in an occidental slope.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. ACHUY, J. 2006. ArcGis; Manual de sistema de información geográfica. Lima - Perú. Editorial Grupo Universitario S.A.C. 321 p.
2. AGUILAR, M., AGUILAR, F., CARVAJAL, F., AGÜERA, F. 2001. Evaluación de diferentes técnicas de interpolación espacial para la generación de modelos digitales del terreno agrícola. [En línea]: (<http://www.mappinginteractivo.com>, mar. 2006).
3. AGUILAR, F., AGUILAR, M., CARVAJAL, F., AGÜERA, F, SANCHEZ, P. 2002. Efectos de la morfología del terreno, densidad muestral y métodos de interpolación en la calidad de modelos digitales de elevaciones. *In*: XIV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. Universidad de Almería. [En línea]: (<http://departamentos.unican.es>, feb. 2006).
4. FALLAS, J. 2003a. Modelo de elevación digital para hojas cartográficas Tilarán y Juntas Escala 1: 50,000 del Instituto Geográfico Nacional. Universidad Nacional. Programa Regional en Manejo de vida silvestre y Ciencias Ambientales. [En línea]: (<http://www.icomvis.una.ac.cr/telesig/-cursos/curso-med>, feb. 2006).

5. FALLAS, J. 2003b. Comparación de dos métodos de interpolación para elaborar un modelo de elevación digital a partir de curvas de nivel a escala 1: 200 000 para Costa Rica. Universidad Nacional. Programa Regional en Manejo de vida silvestre y Ciencias Ambientales. [En línea]: ([http://www. icomvis.una.ac.cr/telesig/-cursos/curso-med](http://www.icomvis.una.ac.cr/telesig/-cursos/curso-med), feb. 2006).
6. FELICÍSIMO, A. 1994. Modelos digitales del terreno; Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales. [En línea]: (<http://www.etsimo.uniovi.es/~feli>, feb. 2006).
7. MARCOS, C. 1996. Plan maestro para el establecimiento de un arboreto en el BRUNAS. Tesis Ing. en Recursos Naturales Renovables. Tingo María. Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 118 pp.
8. PACHECO, C. 2003. Evaluación de factores de escala en los métodos de digitalización e interpolación para la elaboración de un modelo digital de elevaciones (MDE) en cuencas montañosas. Tesis Magíster Scientiae en Manejo de cuencas hidrográficas. Mérida, Venezuela. Universidad de los Andes. [En línea]: (<http://www.saber.ula.ve>, feb. 2006).
9. PEREYRA, R. 1998. Manual de Surfer 5.00 – 6.04. Cuzco - Perú. Imprenta Señor de Torrechayoc. 107 p.

10. PEREZ, R. 2000. Selección óptima del método de interpolación en el tratamiento de las bases de datos: una aplicación en la construcción de las cartas magnéticas. Rev. Cs. Tierr y Esp. La Habana – Cuba. N° 1/2000. Art. 5. [En línea]: ([http://www.iga.cu/revista/cte_01/art - 05](http://www.iga.cu/revista/cte_01/art-05), ene. 2006).
11. RODRIGUEZ, W. 2000. Estudio cuantitativo de la diversidad forestal del BRUNAS. Tesis Ing. en recursos Naturales Renovables. Tingo María. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 119 p.
12. VILCHEZ, J. 2000. Evaluación de la exactitud de los modelos de elevación digital de malla regular generados a partir de curvas de nivel. Universidad de los Andes. [En línea]: (<http://www.saber.ula.ve>, ene. 2006).
13. ZAVALA, W. 1999. Estudio morfopedológico como base para la recuperación de suelos degradados en Tingo María. Tesis Magíster Scientiae en Suelos. Escuela de postgrado de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
14. ZAVALA, W., HUATUCO, C., ESCOBAR, I. 2005. Zonificación y ordenamiento territorial de los terrenos de la UNAS en Tingo María. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria de la Selva.

IX. ANEXO

Cuadro 1. Coordenadas UTM de los puntos perimetrales del Bosque Reservado de la UNAS. Fuente: Of. de Planificación UNAS 2002.

ID	E	N
1	390625.01	8971180.10
2	390319.00	8970999.00
3	390090.23	8970840.43
4	389973.56	8970765.34
5	390001.85	8970723.05
6	389859.07	8970634.16
7	389909.44	8970507.98
8	390044.40	8970572.10
9	390096.45	8970526.02
10	390236.61	8970340.08
11	390207.94	8970336.82
12	390370.51	8970065.80
13	390312.25	8970029.06
14	390308.28	8970011.97
15	390436.54	8969959.15
16	390509.47	8969941.32
17	390545.18	8969882.13
18	390601.53	8969612.06
19	390890.79	8969664.82
20	391920.00	8969888.00
21	392042.54	8969745.07
22	392420.72	8969722.82
23	392258.05	8970180.43
24	392200.15	8970410.69
25	392067.11	8970429.58
26	391970.93	8970726.73
27	391997.24	8971100.85
28	391894.07	8971384.60
29	391575.47	8971220.67
30	390961.18	8971579.18
31	390844.00	8971350.00
32	390536.08	8971339.61

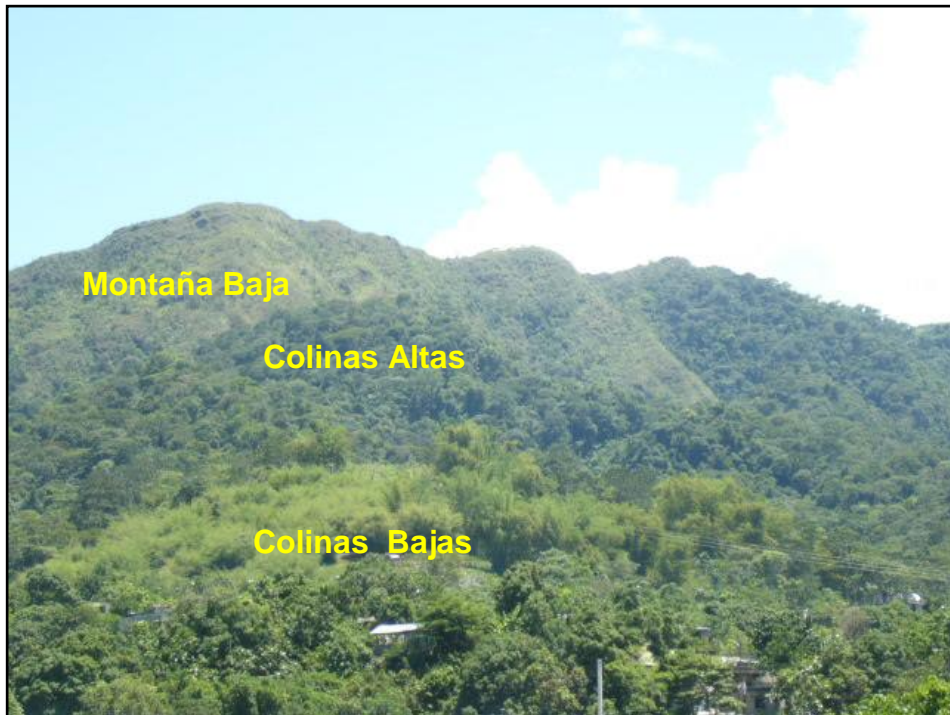


Figura 1. Unidades fisiográficas del BRUNAS, colinas bajas con alturas hasta los 80 m, colinas altas hasta los 300 m y montaña baja con alturas superiores a los 300 m de la base local.

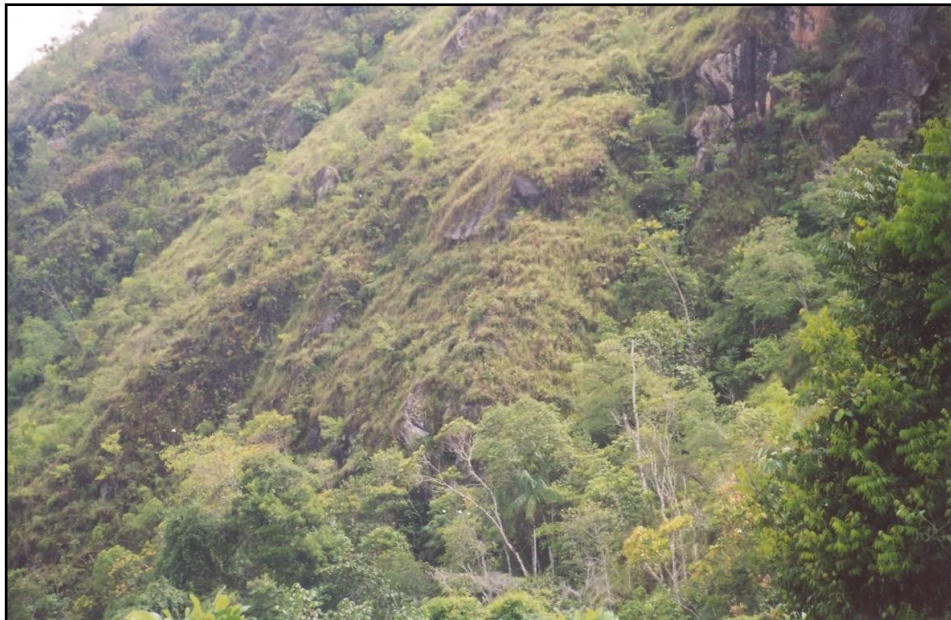


Figura 2. Pendiente extremadamente empinada (mayor de 75%) perteneciente a la unidad fisiográfica montaña baja.



Figura 3. Plantación de tornillo (*Cedrelinga cateniformis*) establecida en los años 1947 y 1948, con una extensión aproximada de 2.0 ha ubicada en la unidad fisiográfica colina alta.



Figura 4. Exuberante vegetación nativa del BRUNAS, vista panorámica de la montaña baja tomada desde las colinas altas.

Cuadro 2. Coordenadas UTM empleadas para determinar "n"

ID	Z (m)	E	N
1	640	390267	8969340
2	640	390250	8969399
3	640	390229	8969456
4	640	390211	8969515
5	640	390195	8969575
6	640	390176	8969633
7	640	390153	8969690
8	640	390118	8969740
9	640	390078	8969787
10	640	390033	8969829
11	640	389987	8969870
12	640	389936	8969906
13	640	389899	8969953
14	640	389873	8970008
15	640	389833	8970055
16	640	389790	8970100
17	640	389743	8970139
18	640	389706	8970187
19	640	389705	8970246
20	640	389759	8970251
21	640	389814	8970224
22	640	389873	8970206
23	640	389933	8970193
24	640	389990	8970172
25	640	390046	8970147
26	640	390098	8970169
27	640	390083	8970218
28	640	390032	8970253
29	640	389994	8970299
30	640	389962	8970352
31	640	389931	8970406
32	640	389911	8970463
33	640	389908	8970524
34	640	389883	8970580
35	640	389851	8970632
36	640	389841	8970692
37	640	389857	8970751
38	640	389869	8970811
39	640	389879	8970871
40	640	389889	8970932
41	640	389899	8970993
42	640	389911	8971053
43	640	389918	8971113
44	640	389888	8971166
45	640	389900	8971223
46	640	389922	8971279
47	640	389952	8971330
48	640	390011	8971341
49	640	390069	8971320
50	640	390128	8971301

ID	Z (m)	E	N
51	640	390186	8971311
52	640	390230	8971354
53	640	390271	8971400
54	640	390315	8971443
55	640	390327	8971501
56	640	390370	8971545
57	640	390395	8971600
58	640	390419	8971653
59	640	390451	8971702
60	640	390482	8971755
61	680	390894	8971695
62	680	390872	8971631
63	680	390828	8971584
64	680	390773	8971610
65	680	390711	8971630
66	680	390668	8971585
67	680	390692	8971524
68	680	390744	8971486
69	680	390726	8971441
70	680	390691	8971392
71	680	390750	8971362
72	680	390809	8971329
73	680	390868	8971312
74	680	390820	8971271
75	680	390767	8971286
76	680	390701	8971292
77	680	390644	8971259
78	680	390629	8971198
79	680	390654	8971136
80	680	390679	8971074
81	680	390739	8971058
82	680	390800	8971070
83	680	390826	8971011
84	680	390784	8970963
85	680	390717	8970962
86	680	390671	8970919
87	680	390667	8970854
88	680	390699	8970796
89	680	390747	8970750
90	680	390795	8970702
91	680	390758	8970653
92	680	390772	8970589
93	680	390806	8970531
94	680	390870	8970513
95	680	390866	8970454
96	680	390884	8970389
97	680	390899	8970324
98	680	390958	8970295
99	680	390990	8970239
100	680	391022	8970195

continúa....

....continuación

ID	Z (m)	E	N
101	680	390959	8970190
102	680	390902	8970159
103	680	390844	8970147
104	680	390845	8970080
105	680	390842	8970013
106	680	390887	8969963
107	680	390939	8969934
108	680	390956	8969998
109	680	391005	8969995
110	680	391026	8969931
111	680	391019	8969865
112	680	391037	8969801
113	680	391018	8969738
114	680	391057	8969684
115	680	391116	8969654
116	680	391179	8969656
117	680	391231	8969688
118	680	391249	8969629
119	680	391235	8969563
120	680	391245	8969498
121	720	391410	8969511
122	720	391449	8969591
123	720	391407	8969668
124	720	391425	8969749
125	720	391337	8969764
126	720	391253	8969747
127	720	391169	8969748
128	720	391159	8969831
129	720	391199	8969897
130	720	391236	8969961
131	720	391164	8970007
132	720	391177	8970094
133	720	391110	8970101
134	720	391022	8970090
135	720	391031	8970151
136	720	391113	8970188
137	720	391184	8970244
138	720	391166	8970288
139	720	391080	8970263
140	720	391027	8970312
141	720	390981	8970378
142	720	390952	8970453
143	720	391007	8970523
144	720	391086	8970563
145	720	391025	8970623
146	720	390954	8970679
147	720	390894	8970740
148	720	390879	8970829
149	720	390945	8970873
150	720	391032	8970854

ID	Z (m)	E	N
151	720	391123	8970850
152	720	391141	8970879
153	720	391056	8970908
154	720	390976	8970942
155	720	390985	8971018
156	720	390977	8971081
157	720	390909	8971138
158	720	390819	8971148
159	720	390799	8971206
160	720	390881	8971230
161	720	390961	8971200
162	720	391045	8971175
163	720	391070	8971231
164	720	391046	8971308
165	720	391123	8971288
166	720	391179	8971282
167	720	391204	8971368
168	720	391240	8971419
169	720	391150	8971422
170	720	391067	8971453
171	720	390986	8971478
172	720	390905	8971441
173	720	390852	8971480
174	720	390924	8971530
175	720	390958	8971613
176	720	391004	8971688
177	720	391053	8971657
178	720	391127	8971615
179	720	391211	8971617
180	720	391272	8971575
181	760	391528	8969526
182	760	391609	8969535
183	760	391692	8969529
184	760	391662	8969585
185	760	391583	8969614
186	760	391513	8969651
187	760	391539	8969724
188	760	391596	8969785
189	760	391555	8969847
190	760	391472	8969856
191	760	391392	8969831
192	760	391313	8969825
193	760	391309	8969899
194	760	391325	8969970
195	760	391281	8970032
196	760	391348	8970072
197	760	391398	8970128
198	760	391461	8970174
199	760	391422	8970235
200	760	391354	8970187

continúa....

....continuación

ID	Z (m)	E	N
201	760	391285	8970144
202	760	391237	8970204
203	760	391262	8970283
204	760	391209	8970341
205	760	391178	8970413
206	760	391193	8970490
207	760	391273	8970491
208	760	391353	8970475
209	760	391353	8970518
210	760	391276	8970552
211	760	391222	8970608
212	760	391172	8970645
213	760	391095	8970653
214	760	391070	8970729
215	760	391132	8970780
216	760	391214	8970798
217	760	391297	8970805
218	760	391302	8970866
219	760	391254	8970931
220	760	391179	8970968
221	760	391097	8970973
222	760	391084	8971046
223	760	391093	8971119
224	760	391170	8971150
225	760	391254	8971155
226	760	391337	8971142
227	760	391417	8971153
228	760	391379	8971197
229	760	391303	8971227
230	760	391255	8971292
231	760	391317	8971319
232	760	391386	8971276
233	760	391469	8971288
234	760	391549	8971265
235	760	391525	8971338
236	760	391455	8971383
237	760	391388	8971433
238	760	391321	8971483
239	760	391335	8971538
240	760	391417	8971536
241	800	391527	8971430
242	800	391587	8971381
243	800	391645	8971329
244	800	391683	8971259
245	800	391749	8971216
246	800	391701	8971195
247	800	391623	8971208
248	800	391568	8971165
249	800	391581	8971086
250	800	391561	8971029

ID	Z (m)	E	N
251	800	391502	8971082
252	800	391439	8971050
253	800	391392	8971008
254	800	391336	8971064
255	800	391260	8971075
256	800	391180	8971071
257	800	391170	8971011
258	800	391241	8970976
259	800	391300	8970925
260	800	391342	8970857
261	800	391352	8970781
262	800	391283	8970741
263	800	391261	8970670
264	800	391295	8970599
265	800	391369	8970592
266	800	391441	8970625
267	800	391505	8970594
268	800	391565	8970542
269	800	391625	8970502
270	800	391555	8970468
271	800	391486	8970429
272	800	391407	8970424
273	800	391328	8970413
274	800	391298	8970351
275	800	391352	8970302
276	800	391431	8970290
277	800	391504	8970258
278	800	391575	8970228
279	800	391646	8970193
280	800	391724	8970178
281	800	391716	8970138
282	800	391644	8970107
283	800	391564	8970107
284	800	391486	8970090
285	800	391425	8970042
286	800	391418	8969966
287	800	391484	8969930
288	800	391563	8969919
289	800	391642	8969908
290	800	391721	8969895
291	800	391798	8969875
292	800	391780	8969830
293	800	391712	8969790
294	800	391649	8969741
295	800	391614	8969678
296	800	391675	8969630
297	800	391749	8969599
298	800	391823	8969571
299	800	391884	8969527
300	800	391816	8969493

continúa....

....continuación

ID	Z (m)	E	N
301	840	391496	8970347
302	840	391515	8970332
303	840	391540	8970334
304	840	391552	8970355
305	840	391535	8970371
306	840	392080	8969544
307	840	392006	8969567
308	840	391921	8969567
309	840	391845	8969597
310	840	391774	8969637
311	840	391731	8969696
312	840	391793	8969752
313	840	391866	8969794
314	840	391942	8969832
315	840	391952	8969877
316	840	391870	8969897
317	840	391793	8969929
318	840	391710	8969945
319	840	391629	8969968
320	840	391631	8970017
321	840	391709	8970048
322	840	391782	8970091
323	840	391858	8970127
324	840	391924	8970176
325	840	391850	8970189
326	840	391766	8970193
327	840	391694	8970233
328	840	391633	8970291
329	840	391592	8970361
330	840	391609	8970440
331	840	391689	8970458
332	840	391772	8970463
333	840	391767	8970514
334	840	391689	8970545
335	840	391677	8970615
336	840	391618	8970653
337	840	391536	8970665
338	840	391462	8970704
339	840	391412	8970762
340	840	391433	8970843
341	840	391456	8970923
342	840	391525	8970938
343	840	391599	8970933
344	840	391681	8970949
345	840	391762	8970949
346	840	391704	8971002
347	840	391668	8971075
348	840	391709	8971142
349	840	391783	8971117
350	840	391843	8971140

ID	Z (m)	E	N
351	840	391833	8971201
352	840	391770	8971257
353	840	391698	8971292
354	840	391674	8971372
355	840	391608	8971424
356	880	391912	8971537
357	880	391881	8971459
358	880	391814	8971433
359	880	391729	8971435
360	880	391719	8971369
361	880	391788	8971321
362	880	391824	8971249
363	880	391883	8971188
364	880	391889	8971126
365	880	391843	8971059
366	880	391759	8971051
367	880	391748	8971000
368	880	391824	8970963
369	880	391845	8970891
370	880	391793	8970865
371	880	391710	8970881
372	880	391624	8970879
373	880	391545	8970860
374	880	391487	8970801
375	880	391493	8970720
376	880	391564	8970676
377	880	391649	8970681
378	880	391733	8970672
379	880	391737	8970597
380	880	391789	8970542
381	880	391852	8970500
382	880	391831	8970423
383	880	391758	8970385
384	880	391678	8970385
385	880	391697	8970312
386	880	391763	8970259
387	880	391845	8970240
388	880	391923	8970257
389	880	391990	8970211
390	880	391958	8970132
391	880	391882	8970099
392	880	391811	8970053
393	880	391758	8969997
394	880	391835	8969965
395	880	391918	8969950
396	880	391995	8969933
397	880	392059	8969879
398	880	392027	8969805
399	880	391947	8969774
400	880	391871	8969737

continúa....

....continuación

ID	Z (m)	E	N
401	880	391812	8969689
402	880	391877	8969640
403	880	391958	8969614
404	880	392042	8969597
405	880	392118	8969570
406	920	391799	8970350
407	920	391772	8970333
408	920	391791	8970305
409	920	391826	8970293
410	920	391854	8970313
411	920	392163	8969554
412	920	392140	8969605
413	920	392089	8969638
414	920	392032	8969662
415	920	391973	8969679
416	920	391976	8969724
417	920	392035	8969742
418	920	392074	8969779
419	920	392089	8969837
420	920	392114	8969891
421	920	392066	8969928
422	920	392020	8969968
423	920	391966	8969997
424	920	391905	8969992
425	920	391894	8970032
426	920	391947	8970062
427	920	391994	8970101
428	920	392017	8970158
429	920	392042	8970212
430	920	391996	8970252
431	920	391951	8970293
432	920	391902	8970328
433	920	391893	8970386
434	920	391896	8970447
435	920	391884	8970507
436	920	391857	8970562
437	920	391835	8970619
438	920	391817	8970678
439	920	391766	8970708
440	920	391706	8970723
441	920	391647	8970739
442	920	391639	8970786
443	920	391691	8970816
444	920	391751	8970827
445	920	391811	8970820
446	920	391868	8970823
447	920	391889	8970880
448	920	391908	8970939
449	920	391882	8970994
450	920	391889	8971052

ID	Z (m)	E	N
451	920	391919	8971106
452	920	391936	8971164
453	920	391933	8971225
454	920	391898	8971267
455	920	391868	8971316
456	920	391884	8971375
457	920	391914	8971429
458	920	391951	8971478
459	920	391988	8971527
460	920	391956	8971574
461	960	392006	8971468
462	960	391965	8971402
463	960	391913	8971343
464	960	391949	8971293
465	960	391991	8971232
466	960	391986	8971153
467	960	391967	8971079
468	960	391922	8971015
469	960	391950	8970941
470	960	391935	8970873
471	960	391891	8970808
472	960	391855	8970738
473	960	391873	8970661
474	960	391890	8970584
475	960	391921	8970512
476	960	391957	8970442
477	960	392003	8970378
478	960	392055	8970319
479	960	392085	8970247
480	960	392058	8970174
481	960	392020	8970105
482	960	392008	8970032
483	960	392062	8969976
484	960	392132	8969940
485	960	392153	8969885
486	960	392121	8969813
487	960	392095	8969740
488	960	392111	8969664
489	960	392166	8969609
490	960	392229	8969574
491	960	392364	8970536
492	960	392354	8970576
493	960	392342	8970615
494	960	392321	8970650
495	960	392289	8970676
496	960	392252	8970685
497	960	392215	8970668
498	960	392188	8970637
499	960	392162	8970641
500	960	392159	8970682

continúa....

....continuación

ID	Z (m)	E	N
501	960	392155	8970723
502	960	392145	8970763
503	960	392135	8970803
504	960	392120	8970841
505	960	392102	8970877
506	960	392098	8970915
507	960	392110	8970954
508	960	392114	8970995
509	960	392147	8971009
510	960	392186	8970996
511	1000	392259	8969592
512	1000	392181	8969641
513	1000	392130	8969715
514	1000	392165	8969796
515	1000	392239	8969847
516	1000	392202	8969934
517	1000	392134	8969996
518	1000	392051	8970042
519	1000	392076	8970126
520	1000	392127	8970206
521	1000	392135	8970291
522	1000	392083	8970370
523	1000	392030	8970449
524	1000	391982	8970531
525	1000	391939	8970615
526	1000	391916	8970707
527	1000	391954	8970790
528	1000	392002	8970871
529	1000	392038	8970798
530	1000	392086	8970717
531	1000	392128	8970636
532	1000	392152	8970546
533	1000	392194	8970521
534	1000	392239	8970603
535	1000	392322	8970569
536	1000	392360	8970483
537	1000	392393	8970396
538	1000	392404	8970301
539	1000	392443	8970224
540	1000	392443	8970130
541	1000	392046	8971419
542	1000	392027	8971387
543	1000	392022	8971351
544	1000	392026	8971314
545	1000	392030	8971278
546	1000	392039	8971242
547	1000	392049	8971206
548	1000	392057	8971170
549	1000	392054	8971135
550	1000	392035	8971104

ID	Z (m)	E	N
551	1000	392019	8971071
552	1000	392004	8971037
553	1000	391994	8971002
554	1000	392007	8970970
555	1000	392039	8970977
556	1000	392057	8971008
557	1000	392068	8971043
558	1000	392092	8971071
559	1000	392122	8971090
560	1000	392159	8971090
561	1040	392479	8970023
562	1040	392433	8970083
563	1040	392409	8970175
564	1040	392361	8970258
565	1040	392304	8970333
566	1040	392307	8970427
567	1040	392269	8970509
568	1040	392203	8970464
569	1040	392157	8970413
570	1040	392118	8970500
571	1040	392082	8970588
572	1040	392040	8970673
573	1040	392012	8970764
574	1040	391966	8970714
575	1040	391984	8970621
576	1040	392026	8970536
577	1040	392071	8970452
578	1040	392126	8970375
579	1040	392175	8970294
580	1040	392180	8970201
581	1040	392135	8970118
582	1040	392160	8970039
583	1040	392225	8969978
584	1040	392277	8969903
585	1040	392340	8969837
586	1040	392359	8969744
587	1040	392316	8969709
588	1040	392230	8969743
589	1040	392242	8969668
590	1040	392294	8969588
591	1080	392240	8970102
592	1080	392252	8970061
593	1080	392284	8970030
594	1080	392310	8969993
595	1080	392328	8969953
596	1080	392347	8969912
597	1080	392368	8969873
598	1080	392389	8969834
599	1080	392411	8969795
600	1080	392448	8969781

continúa....

....continuación

ID	Z (m)	E	N
601	1080	392455	8969823
602	1080	392441	8969865
603	1080	392430	8969909
604	1080	392419	8969952
605	1080	392416	8969996
606	1080	392414	8970041
607	1080	392399	8970082
608	1080	392375	8970119
609	1080	392362	8970162
610	1080	392344	8970201
611	1080	392314	8970234
612	1080	392294	8970274
613	1080	392279	8970316
614	1080	392263	8970358
615	1080	392234	8970384
616	1080	392215	8970347
617	1080	392223	8970304
618	1080	392251	8970270
619	1080	392269	8970230
620	1080	392268	8970186
621	1080	392334	8969530
622	1080	392355	8969558
623	1080	392361	8969596
624	1080	392370	8969632
625	1080	392384	8969667
626	1080	392408	8969695
627	1080	392437	8969719
628	1080	392475	8969722
629	1080	392507	8969706
630	1080	392536	8969689

ID	Z (m)	E	N
631	1080	392554	8969722
632	1080	392557	8969758
633	1080	392535	8969789
634	1080	392512	8969818
635	1080	392491	8969848
636	1080	392476	8969882
637	1080	392473	8969919
638	1080	392491	8969950
639	1080	392518	8969976
640	1080	392545	8970000
641	1120	392406	8969542
642	1120	392412	8969572
643	1120	392423	8969601
644	1120	392447	8969617
645	1120	392478	8969615
646	1120	392500	8969593
647	1120	392523	8969571
648	1120	392545	8969550
649	1120	392574	8969545
650	1120	392592	8969568
651	1120	392610	8969593
652	1120	392632	8969616
653	1120	392643	8969645
654	1120	392646	8969676
655	1120	392649	8969707
656	1120	392645	8969737
657	1120	392643	8969768
658	1120	392633	8969798
659	1120	392622	8969827
660	1120	392613	8969856