

Una aproximación metodológica para la caracterización espacial de las áreas verdes publicas del distrito de La Molina, Lima

Víctor Peña G. ¹

Resumen

El presente estudio examina las características de dimensión, forma y distribución de los fragmentos correspondientes a las áreas verdes de carácter público del distrito de La Molina. En este sentido el estudio busca explicar la situación presente a fin de proponer pautas para el planeamiento y manejo de estas áreas con fines de mejoramiento de la calidad ambiental en la zona urbana. En el presente estudio se propone una metodología para la caracterización espacial del conjunto de áreas verdes de uso público, en el distrito de La Molina, presentando resultados cuantificables de su composición y configuración. En el distrito de La Molina el proceso de urbanización ha resultado en la fragmentación de los espacios verdes de uso público, dispersos dentro de la matriz urbana. Las preguntas que el presente estudio intenta responder son: ¿Cómo están distribuidas las áreas verdes públicos en La Molina? y ¿existe un patrón en la forma y distribución de estos espacios verdes?. El conjunto de polígonos, que representan a los espacios verdes públicos, fueron procesados utilizando la extensión Patch Analyst 2.2 (Rempel et al., 1998) para el programa ArcView GIS 3.3 (ESRI, 2002). Este proceso permitió hallar índices para el análisis de la fragmentación o dispersión de cada fragmento. Las áreas verdes publicas identificadas fueron 91 fragmentos, cuyos tamaños varían entre 0.04 Ha. y 2.85 Ha. con una mediana de 0.57 Ha. La curva de Lorenz muestra una distribución casi proporcional del área total entre los diferentes fragmentos, muy cercana a la distribución ideal del área total entre cada fragmento por partes iguales; el coeficiente de Gini ($G=0.353$) confirma la mencionada homogeneidad en la distribución. Los resultados, correspondientes al análisis en toda la superficie de La Molina, revelaron fragmentación de los espacios y dispersión a escala del territorio distrital. La densidad de fragmentos en el Distrito es de 1.9 fragmentos por cada 100 hectáreas de la matriz urbana. Este valor es menor comparado al valor de densidad para el sector de Camacho-Sta. Patricia (donde se reconoció visualmente una aglomeración de polígonos): 6.6 fragmentos por cada 100 hectáreas. En este sector los tamaños de los fragmentos varían desde 0.09 Ha hasta 1.96 Ha, siendo la mediana de 0.62 Ha. En las condiciones actuales, las áreas verdes remanentes son el conjunto de fragmentos que deberán acoger el funcionamiento de los procesos naturales dentro de la ciudad. La viabilidad y sostenibilidad de las intervenciones, orientadas a conservar y recuperar los espacios verdes y la biodiversidad, deberán ser evaluadas a través de análisis espacial del conjunto de fragmentos. El presente estudio explora las capacidades y ventajas de las herramientas de análisis espacial; y tanto los índices como los resultados se estudian en el marco de la ecología del paisaje tomando énfasis en el concepto de fragmentación para explicar lo observado en el estudio.

Palabras clave: *áreas verdes públicas, ecología del paisaje, análisis espacial, fragmentación.*

Abstract

This is an explanatory study which aims to obtain insight into the size, shape and distribution of public green spaces at La Molina County. By observation, the study aims to detect relations in order to propose some strategies of planning and management aiming to enhance environmental quality. The importance of public green spaces is related to three factors: social, economical and environmental. The environmental component regards to its ecological function. Urbanization process at La Molina led to an occupation of lands that caused at least that there are not many green spaces with free public access and those which exist are small and dispersed. Through visual inspection urban pattern in La Molina shows an orthogonal setting of streets that produce blocks and open spaces with polygonal shape. These open spaces are the remaining of the former land use. This research address to the question of: how are the shapes of these polygonal green spaces? and how these parts are distributed throughout La Molina? In order to quantify the answer this study uses landscape metrics which are interpreted considering the theoretical framework of Landscape Ecology. One important concept that is being studied is the fragmentation of the public green spaces parts into the whole urban matrix. The objective of this study is to gain knowledge of public green spaces spatial characteristics by examining the composition and configuration of those parts. The methodology uses both cartography data and GIS data process capability. Specifically this study uses public source material to construct a digitalized map of La Molina, the data is uploaded to the ArcView GIS 3.3 (ESRI, 2002) and metrics are calculated using the extension Patch Analyst 2.2 (Rempel et al., 1998). We report on four categories of landscape metrics (patch size, perimeter, patch density and shape), which we interpret as applicable to potentially fragmentation sensitive local indicator species in specific habitat types. Green spaces account 91 patches ranging from 0.04 to 2.85 Ha. with a median of 0.57 Ha. Along with the use of this landscape metrics, a measuring of inequality of area distribution among parts or fragments is carried on. Lorenz curve represented a homogeneous distribution of land among parts that is confirmed by the Gini coefficient ($G=0.353$). Those metrics at the whole La Molina shows fragmentation compared with values like those found at Camacho-Sta. Patricia sector (which was visually identified containing a cluster of green spaces). Camacho metrics quantify 42 fragments ranging from 0.09 Ha. to 1.96 Ha. (Median 0.62 Ha.). This study provides explores capabilities of spatial analysis tools in the case of La Molina public green areas. Metrics choosing and results are understanding and explained under Landscape Ecology theory framework. The study is an approach for further research in green areas and landscape planning in public areas considering specific local matters at La Molina.

Key Words: *public green spaces, landscape ecology, spatial analysis, fragmentation.*

1. Introducción

No importa como las ciudades son formadas, su patrón espacial afecta indudablemente los procesos físicos, ecológicos y socioeconómicos, dentro y fuera de sus límites (Luck et al., 2002). El estudio de los patrones del paisaje es de creciente interés para las actividades de planeamiento espacial, la conservación de las especies y los estudios ecológicos (Davidson C., 1998). Los conocimientos actuales sobre la ecología proveen nociones que se aplican tanto a las necesidades humanas como al entendimiento del amplio conjunto teórico de la ecología referido a los patrones de los espacios urbanos (Thompson CW, 2002). El cambio de uso del suelo, causado por la urbanización, ha producido un cambio en las condiciones ambientales que ha devenido en la disminución de los espacios abiertos y de cultivo, reduciéndolos a áreas verdes urbanas. La urbanización ha afectado los procesos naturales como el ciclo hidrológico y los espacios de vida y las fuentes de nutrientes de las especies de flora y fauna. Dentro de esta nueva condición territorial, el enlace de las áreas verdes con las áreas predominantemente naturales, como los cauces de los ríos, el litoral costero y las laderas de los cerros, se ha vuelto frágil debido a la poca presencia de espacios abiertos y corredores de enlace, que provoca una escasa e ineficiente interconexión entre los fragmentos. La cuantificación espacial del patrón espacial de las áreas verdes es un prerrequisito para entender los cambios en estos espacios, y además es esencial para el monitoreo y evaluación de las funciones de los espacios verdes (Kong et al., 2006).

El valor que un área verde pública, dentro de la matriz urbana, brinda a la comunidad es una combinación de factores sociales, económicos y ambientales (Christchurch City Council, 2006). El componente ambiental se explica y sustenta en la función ecológica que se desarrolla dentro del espacio físico. El espacio físico o hábitat posee características que proveen condiciones para la presencia de seres vivos en mayor o menor cantidad, dependiendo de la calidad ecológica de este espacio. En el distrito de La Molina, el proceso de urbanización ha modificado el uso de suelo agrícola y natural, convirtiéndolo en un nuevo uso. La urbanización es, sin discusión, la forma mas dramática de transformación del suelo que influye tanto en la diversidad biológica como en la vida humana (Luck et al., 2002). La conservación y el incremento de la biodiversidad en las áreas verdes urbanas mejoran las condiciones medio ambientales en las ciudades.

Los espacios verdes pueden representarse a manera de fragmentos dispersos en la matriz urbana. La detección de las relaciones en este conjunto de fragmentos puede explicarse bajo los principios y criterios de la ecología del paisaje. La ecología del

paisaje estudia las relaciones que hay entre el patrón espacial del hábitat y los procesos ecológicos donde estos ocurren. El paisaje actual, en La Molina, muestra áreas verdes remanentes del antiguo uso de suelo y que se encuentran dispersos dentro de la matriz urbana. El paisaje es la expresión física, de los procesos naturales y humanos, que ocurren dentro del territorio; esto significa que es importante en dos aspectos del planeamiento ecológico: es la síntesis de las posibilidades, problemas y limitaciones del territorio, y es el recurso natural para el disfrute y recreación. En ambos casos es susceptible al cambio y la transformación (Aguiló et al., 1995)

Los estudios de planeamiento del paisaje requieren una sucesión de etapas que se inician con la selección de la escala de estudio y culminan con la clasificación y caracterización del área de estudio, dependiendo de los propósitos de la investigación (Gonzalez-Alonso et al., 1995)

Vislumbrando que la información provista por este estudio sea utilizada fácilmente, y tenga un efecto positivo y realizable en un corto plazo, se realizo el estudio considerando solamente las áreas verdes publicas. Estas áreas se encuentran bajo una sola jurisdicción (la Municipalidad) que tiene la organización, las facultades normativas y las facilidades técnicas para planificar y decidir sobre su manejo. Aunque se reconoce el valor y la conveniencia del espacio privado, no se los estudia. La existencia de una sola institución, y no de varios propietarios, facilita y acelera la adopción de estrategias, planes y programas para proteger, preservar y reforzar la biodiversidad en el espacio verde público.

Al identificar los espacios verdes públicos no se considera el área verde de las bermas centrales, óvalos o triángulos, que por estar localizados adyacentes a las vías de circulación vehicular intensa no cumplen una función publica, por su acceso complicado debido a su posición entre vías, y están sujetos a muy probables cambios en su sección a favor del ensanchamiento de vías.

La metodología de análisis conlleva a definir y cuantificar las variables espaciales que indiquen el tamaño, forma y grado de dispersión, de los fragmentos correspondientes a las áreas verdes dentro de la matriz urbana. La ecología del paisaje provee la estructura teórica que permite la interpretación de los resultados. Según Forman y Godron (1984) la ecología del paisaje es la ciencia que se enfoca en tres características del paisaje: estructura, función y cambio. Esta disciplina tiene principios que explican la influencia del espacio físico en el desarrollo de los procesos naturales; asimismo permite interpretar y valorar las condiciones actuales y futuras del espacio. En este sentido el grado de biodiversidad esta en función de la condición favorable o no de los espacios físicos para el desarrollo de los procesos naturales.

El patrón espacial de distribución de las áreas verdes públicas en el medio urbano influye en su

¹ Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina.
E-mail: victorpg@hotmail.com-victor_levig@hotmail.com

conservación y manejo. Por tanto, conociendo las características espaciales de los fragmentos y los patrones de distribución de las áreas verdes dentro de la matriz urbana se puede planificar la conservación y la mejora del hábitat, lo cual contribuye al incremento de la biodiversidad y también la mejora de las condiciones del espacio urbano adyacente.

Vista la importancia del tema, el presente estudio pretende ser una primera aproximación al estudio de los diferentes elementos (naturales y artificiales) que conforman el mosaico espacial del paisaje urbano en el distrito de La Molina.

Objetivos

- Elaboración de la cartografía digitalizada de las áreas verdes publicas en el distrito de La Molina.
- Cuantificación la composición y configuración de las áreas verdes públicas.
- Analizar y valorar la condición de fragmentación las áreas verdes publicas en medio de la matriz urbana.
- Proponer pautas y estrategias para la conservación y mejoramiento de la biodiversidad en las áreas verdes del distrito.

2. Materiales y métodos

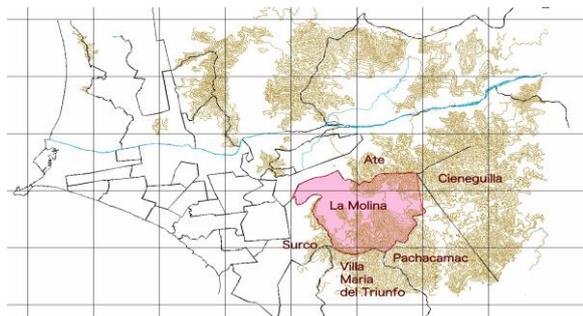
Área de estudio

El territorio donde se asienta el distrito de La Molina esta ubicado en la franja costera desértica sudamericana, adyacente al Océano Pacifico, que se extiende en el Perú desde Piura hasta Tacna (entre las batolito andino.

La ocupación urbana, en el Distrito, se ha producido desde hace 40 años, presentándose inicialmente en los antiguos terrenos de cultivo; desde hace 20 años se han venido urbanizando los sectores áridos altos de los límites de la cuenca, que corresponden a los espacios naturales de quebradas pedregosas angostas sin función ni vocación agrícola. Cabe señalar que una limitante para la ocupación de tierras en el sector fue la escasez en el abastecimiento de agua potable en el distrito, lo cual fue resuelto en los años 90, lo que produjo la segunda ola de urbanización.

climático de inversión térmica que reduce las precipitaciones pluviales (50 mm. por año) y establece un clima con temperaturas benignas (temperatura promedio anual de 19°C en Lima).

La franja costera esta atravesada por los cauces de los ríos que corren desde las montañas hacia el océano. El régimen de caudal de estos ríos es generalmente estacional presentando los máximos caudales entre los meses de enero y marzo.



latitudes 3° y 18° Sur). La corriente de Humboldt y la cadena montañosa de los Andes producen fenómeno La presencia de los ríos ha creado valles que fueron progresivamente incorporados a la producción agrícola desde hace 5000 años. Actualmente la ciudad de Lima se asienta en la llanura aluvial correspondiente a los valles de los ríos Chillón, Rímac y Lurín. Los valles agrícolas de Lima, y muy especialmente el valle de Rímac, han sufrido desde finales del siglo XIX una acelerada pérdida de las tierras agrícolas debido a la urbanización. El antiguo uso del suelo agrícola ha cambiado al nuevo uso urbano donde los elementos del paisaje dominantes son los edificios y las superficies pavimentadas. La urbanización ha fragmentado los espacios agrícolas reduciéndolos a parcelas pequeñas de forma poligonal, dentro de la nueva matriz urbana. El distrito de La Molina esta ubicado en el sector Sureste del área metropolitana de la provincia de Lima; geomorfológicamente se ubica en una sub cuenca afluente del río Rímac, y limita con la cuenca del río Lurín; el territorio del distrito pertenece al cono de las tierras aluviales del antiguo valle del río Rímac, estando rodeado por cerros que pertenecen al contrafuerte del La superficie ocupada por las áreas verdes publicas del distrito es de 1.3 %, asimismo la cantidad de área verde publica, que no considera bermas, óvalos ni triángulos en corredores viales, es pequeña (4.9 M2/hab.)



Figura 1. Ubicación del distrito de La Molina

en comparación con otros distritos con un perfil socio económico similar como Miraflores donde es de 13.2 m2/habitante (Diario El Comercio, 2008). La poca densidad de área verde de acceso público por habitante se explica por el patrón de asentamiento semi rural (con grandes lotes que permiten la inclusión de jardines privados) correspondiente a los sectores de El Haras, La Planicie y Rinconada, y a la presencia de los terrenos de cultivo y espacios abiertos del campus de la Universidad Nacional Agraria – La Molina (UNALM).

Metodología

La importancia de la estructura espacial, como manifestación del orden interno del paisaje, es clave para conocer como este funciona (Aguiló te al., 1995).

La composición y la configuración de los elementos del paisaje son dos componentes para representar su diversidad. La composición se refiere tanto al número total de fragmentos y su proporción relativa, mientras que la configuración se refiere al patrón de distribución espacial de estos fragmentos en el paisaje (Li et al, 1993).

Los fragmentos (en conjunto) pueden sostener importantes procesos naturales, dentro su área de influencia; el hecho de cómo están relacionados

(funcionalmente) con otros ecosistemas y hábitats es significativo respecto a su supervivencia y viabilidad a largo plazo (Roberti, 2004).

Tabla 1. Marco Lógico del estudio.

Interpretar la presencia espacial de las áreas verdes publicas (AVP) del distrito de La Molina	Investigación acerca del patrón espacial y la función ecológica de las AVP	1. Mapa temático 2. Índices cuantificables 3. Conceptos sobre análisis espacial y fragmentación	1. Uso de la teoría de la ecología del paisaje 2. Relación entre patrón espacial y procesos ecológicos 3. Distinción entre áreas verdes publicas y privadas
Análisis espacial de las AVP	Marco teórico para la interpretación de resultados Metodología de estudio Información cuantitativa	Conceptos de ecología del paisaje Empleo del SIG Colección, análisis, interpretación y presentación de resultados	Existencia y correcta elección de índices para cuantificar el patrón espacial
Cuantificar la composición y configuración de las AVP en la matriz urbana de La Molina	Identificación de los polígonos correspondientes a las AVP Cálculo de los índices relacionados con la forma, tamaño y la distribución de los polígonos Medición de la distribución del área	Digitalización de las AVP Área, perímetro y número de polígonos Análisis de la forma Medición de la fragmentación Gráfico de la distribución de los datos Elaboración de la curva de Lorenz y cálculo del índice Gini	Parámetros y rangos para la interpretación de los resultados Acceso a información cartográfica Disponibilidad de equipo y software para el procesamiento de datos espaciales y estadísticos
Acopio de información y desarrollo de una metodología de procesamiento de la información utilizando la herramienta SIG	Clasificación y diferencias de cada una de las AVP Conclusiones acerca del patrón espacial y la jerarquía de las AVP	Tabla de resultados Mapas de distribución espacial Identificación del patrón espacial (composición y configuración) Propuestas y alternativas de conservación y mejoramiento	Validez de la metodología Datos confiables Escala apropiada de la cartografía Paradigma de sostenibilidad

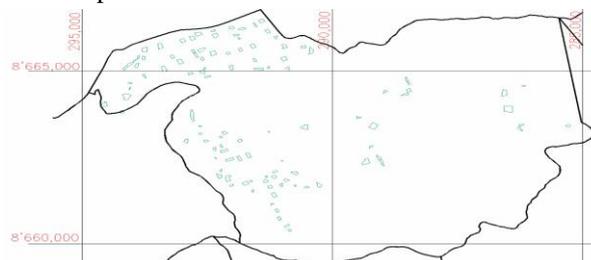
En la literatura científica se proponen indicadores que permiten medir la fragmentación; estos han sido instrumentalizados en programas de cómputo que utilizan algoritmos para su cálculo. La herramienta más común para el cálculo es el sistema de información geográfica; este permite la captura y el análisis de la información, así como la presentación de los resultados. El programa de computo ArcView GIS 3.3 (ESRI, 2002) utiliza la extensión Patch Analyst 2.2 (Rempel et al., 1998) creada con el fin de calcular los indicadores de fragmentación. Los indicadores que esta extensión calcula son relacionados al área, perímetro, forma, distancia entre fragmentos y valores estadísticos como la distribución estándar.

Mendoza et al (2005) presentan una nueva forma para la descripción de la fragmentación usando el coeficiente de Gini y la curva de Lorenz. El estudio establece la utilidad de los mencionados indicadores para medir la heterogeneidad en los tamaños de los fragmentos. La curva de Lorenz, representa la l estudio se inicio con la elaboración de información cartográfica digitalizada (en el modo vector) y georeferenciada, utilizando el programa AutoCAD (Autodesk, 2008), obteniéndose el mapa de áreas verdes publicas del distrito de La Molina. Fueron digitalizados 91 polígonos identificados en la cartografía base proveniente del Instituto Geográfico Nacional.

distribución, de la cantidad total de área, en los diferentes rangos de tamaño dentro del conjunto de fragmentos que van desde las superficies más

pequeñas a las más grandes. De este modo se puede establecer el porcentaje del área total que ocupa el porcentaje de fragmentos que corresponde a las superficies más pequeñas. Por su parte el coeficiente de Gini provee una estimación de la uniformidad de tamaño de los fragmentos, donde los valores cercanos a 0 significan que los tamaños de la población analizada son homogéneos, mientras que un valor cercano a 1 significaría que un número pequeño de fragmentos ocupa la mayor proporción de la superficie total. El uso de estas variables a resultado se útil para describir situaciones donde hay inequidad en la distribución de tamaño entre las diferentes partes componentes de un conjunto (Larson y Whitham, 1997, citado por Mendoza et al, 2005).

Figura 3. Polígonos correspondientes a las áreas verdes publicas en el distrito de La Molina.

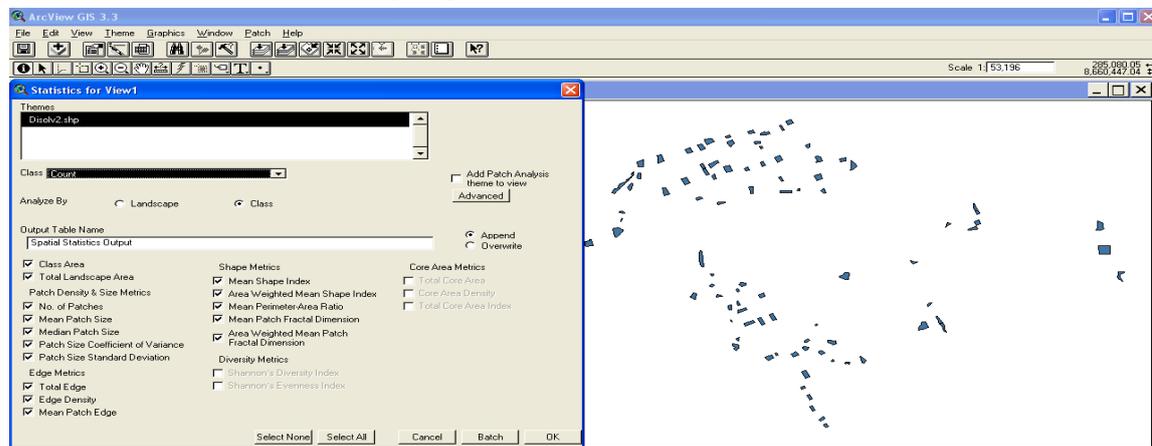


La información vectorizada (Figura 3), fue ingresada en el modo de polígono para su adecuación al formato "Shape" del programa ArcView (ver Figura 4). A partir de la vista de los polígonos se realizó el procesamiento y cálculo de los indicadores, utilizando la extensión Patch Analyst.

Los resultados de los índices de todo el distrito (que tiene una densidad de fragmentos) se compararon con

los indicadores para el sector Camacho-Sta. Patricia, el cual tras el reconocimiento visual de la cartografía mostro una aglomeración de áreas verdes publicas, confirmada a través del valor de densidad de fragmentos. Esta comparación se supuso interesante con el fin de establecer claramente sectores prioritarios de manejo, teniendo en cuenta la capacidad de decisión de la Municipalidad sobre las áreas públicas.

Figura 4. Vista del cuadro de dialogo "Spatial Statistics" del modulo "Patch Analyst".



Al aplicar el comando "Spatial Statistics" se seleccionaron los indicadores de densidad, tamaño y forma. Los resultados fueron mostrados en la tabla "Spatial Statistics Output Table" la cual fue exportada a la hoja de calculo Excel (Microsoft, 2007) para su edición y para la elaboración de los gráficos y tablas necesarios para el análisis. Previamente al procesamiento se seleccionaron dos mapas: el del distrito de La Molina y el del sector

Camacho-Sta. Patricia. La finalidad fue comparar los indicadores en ambos casos, pues a través de la identificación visual del mapa de áreas verdes publicas del distrito de La Molina, se estableció, primero, una gran dispersión de polígonos en este y también una aglomeración acentuada en el sector señalado. Se considero interesante y conveniente dicha comparación a fin de mostrar más claramente la composición del conjunto de fragmentos en el Distrito así como el orden particular y acomodo de los fragmentos dentro de la superficie total.

Variables utilizadas para cuantificar en patrón espacial. Tamaño, forma y uniformidad de la distribución del área total entre los fragmentos, son los tres grupos de variables utilizadas en este estudio. Cada grupo comprende diferentes índices que van a ser descritos a continuación:

Variables de tamaño

- Numero de fragmentos (N° of Patches)

$$\text{NumP} = n_i$$

n_i : numero de fragmentos de la clase i

- Tamaño promedio de los fragmentos (Mean Patch

Size)

$$\text{MPS} = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i}$$

Es la suma de las áreas de todos los fragmentos j de cada tipo de clase i . En el presente estudio al existir solo la clase "Areas Verdes Publicas" el promedio corresponde a esa clasificación.

- Mediana de los fragmentos (Median Patch Size)

Es un valor tomado del conjunto de valores de superficie (ordenados de menor a mayor); en este caso corresponde al valor que ocupa la posición central del conjunto. Al ser 91 valores se tomó el valor número 46.

- Desviación Estándar de los fragmentos (Patch Size Standard Deviation).

$$\text{PSSD} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n \left[a_{ij} - \left(\frac{\sum a_{ij}}{n_i} \right) \right]^2}{n_i}}$$

Es igual a la raíz cuadrada de la suma de las desviaciones al cuadrado de las áreas de los fragmentos (polígonos), dividido por el número total de fragmentos.

Variables de forma

- Media de los fragmentos de la dimensión fractal (Mean Patch Fractal Dimensión).

$$\text{MPFD} = \frac{2 \ln E_{ij}}{\ln A_{ij}}$$

Según Varga et al. (2005) el MPFD "calcula el grado de complejidad de cada fragmento a partir de la relación perímetro-área". El rango de valores está entre 1 y 2, de esta manera los valores cercanos a 1 corresponden a polígonos regulares (círculos o cuadrados), mientras que los valores cercanos a 2 muestran una mayor complejidad.

Variables de homogeneidad en la distribución.

• Curva de Lorenz

Es la representación gráfica de la proporcionalidad en la distribución del área en el grupo de fragmentos; para el presente estudio, el valor del área en el eje Y es el porcentaje acumulado de área que los fragmentos acumulados en el eje X tienen.

• Coeficiente Gini

Es una medida de dispersión estadística utilizada, en este caso, para cuantificar la homogeneidad de la distribución del total de áreas entre los diferentes fragmentos del conjunto estudiado en La Molina.

Prueba de Normalidad.

Es utilizada para determinar si el conjunto de valores de área (variable continua) siguen una distribución normal. En el presente estudio se utilizó el método de Kolmogorov-Smirnov (Prueba K-S). El valor de referencia P sirve para evaluar la condición de normalidad, la cual se cumple cuando P es mayor a 0.05.

• Histogramas de las áreas y de los números de fragmentos.

Es la representación gráfica de la distribución de las

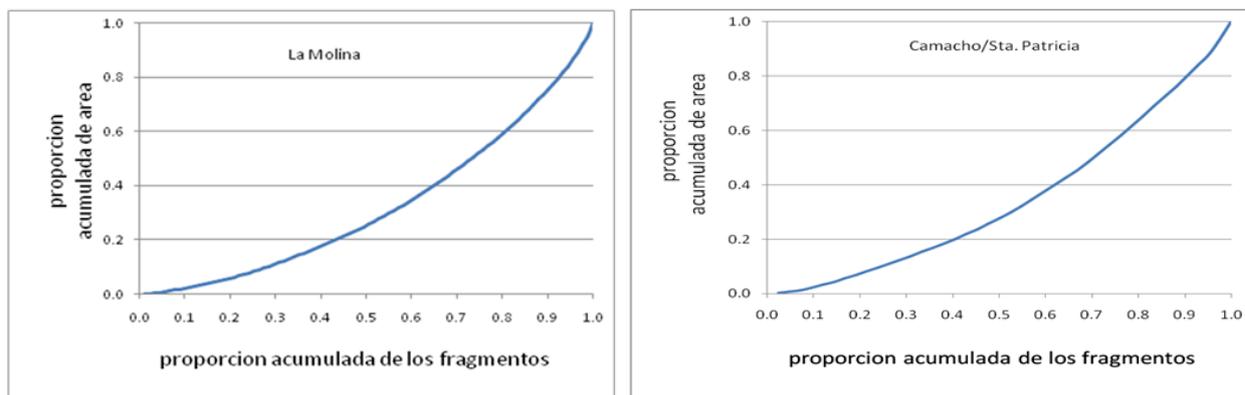
áreas, según intervalos de tamaño de fragmentos.

La curva de Lorenz y el coeficiente de Gini fueron calculados en base a los valores de superficie de cada uno de los 91 fragmentos (para el caso del Distrito) o 42 fragmentos para el caso del sector de Camacho. El cálculo utilizó procedimientos y formulas adaptadas a la hoja de cálculo Excel (Microsoft, 2007), y propuestos por la FAO (2005), para el caso de la curva de Lorenz, y por Rodrigue (2008) para el calculo del coeficiente de Gini.

3. Resultados y discusión

La distribución del área total (61.8 Ha.) entre los 91 fragmentos, es cercano a los valores que indican una distribución proporcional entre cada una de las partes (coeficiente de Gini = 0.353). Esto significa que existen pocos fragmentos que tienen un tamaño muy pequeño o muy grande. El 83.7 % del área verde publica total está distribuida entre 83 fragmentos (con tamaños entre 0.14 Ha. y 1.48 Ha.). Cinco fragmentos ocupan el 15.9 % del área verde publica total (cuyas áreas varían entre 1.56 Ha. y 2.85 Ha.).

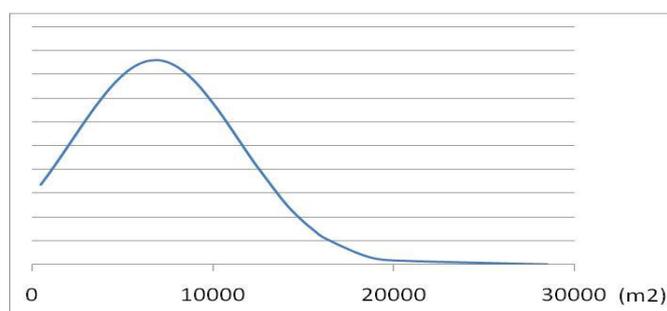
Figura 5. Curva de Lorenz para el distrito de La Molina y el sector Camacho-Sta. Patricia.



Con el fin de observar los rangos de tamaños con mayor ocurrencia, se ha realizado un análisis de los valores de superficie (m²). En primer lugar se hizo la Prueba de Normalidad a fin de comprobar si los valores presentan una distribución normal. Para dicha prueba se utilizó el programa estadístico MINITAB 13.2 (2000). Los resultados, utilizando el método de

Kolmogorov-Smirnov, mostraron un valor aproximado de $P = 0.021$, el cual es menor al valor de referencia ($P=0.05$), por lo que se concluye que los datos no siguen una distribución normal. El valor del coeficiente de asimetría es igual a 1.7; esto significa que la curva de distribución tiene valores positivos acumulados hacia la izquierda, que corresponden a los valores más pequeños del conjunto de fragmentos.

Figura 6. Curva de distribución mostrando su asimetría.



En segundo lugar se realizó el trazo de los histogramas de frecuencia para observar los tamaños más frecuentes. Para esto se calculó el número de intervalos, según Sturges (1926), utilizando la siguiente fórmula:

$$K = 1 + 3.3 \text{ Log} n$$

La variable "n" corresponde al número de fragmentos estudiados. El resultado fue 7 intervalos, los cuales se

distribuyen en el rango de tamaños de los fragmentos que comprende desde 427.83 m² (para el fragmento más pequeño), hasta 28501.17 m² (para el fragmento más grande). Los intervalos y sus respectivos rangos de áreas, y número de fragmentos se muestran en la Figura.

Figura 7. Histogramas de los intervalos de área de los fragmentos según el área total ocupada en cada intervalo (a) y número de los fragmentos (b).

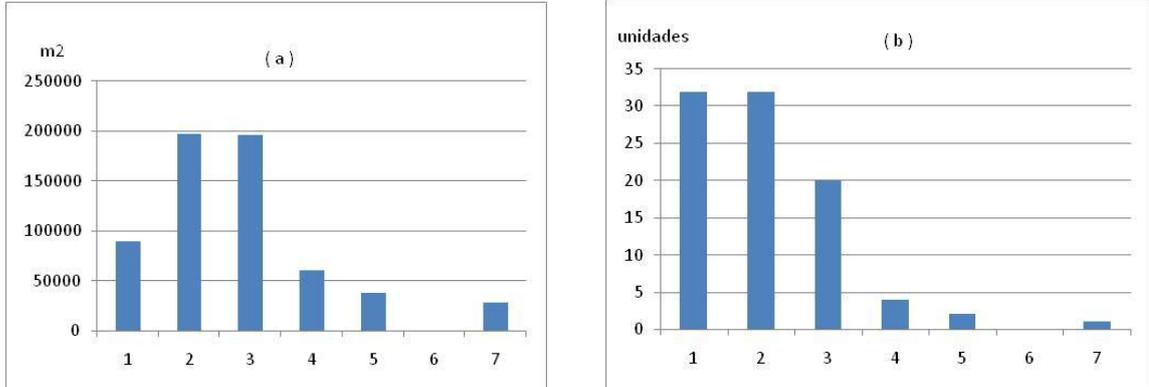


Tabla 2. Valores de área y cantidad de fragmentos para los intervalos estudiados.

Nº	Intervalos (m ²)	Área total del intervalo (m ²)	Cantidad de fragmentos (un)
1	427.83 – 4438.31	89011.26	32
2	4438.32 – 8448.78	197670.54	32
3	8448.79 – 12459.26	195631.15	20
4	12459.27 – 16469.74	60496.91	4
5	16469.75 – 20480.22	37886.22	2
6	20480.23 – 24490.69	0	0
7	24490.70 – 28501.17	28501.17	1

Lo mostrado en la tabla anterior (Tabla 2) ha sido graficado en los histogramas de la Figura 7. Estos histogramas confirman la tendencia asimétrica estudiada y revelan un gran agrupamiento de fragmentos en los intervalos 1, 2 y 3. En tal sentido se puede afirmar que, de los 617 653.84 m², 84 fragmentos ocupan 482 312.95 m² (78.1%).

Asimismo cabe señalar que, debido que los datos no siguen el patrón de distribución normal, es más representativo el uso de la mediana que del promedio para reflejar el tamaño más común de fragmentos.

El patrón de urbanización del paisaje urbano, se presenta a modo de una red ortogonal de vías y calles; este arreglo espacial provoca que las manzanas y los espacios verdes tengan una forma poligonal casi regular

Figura 8. Patrón espacial de los fragmentos en La Molina y Camacho-Sta. Patricia.

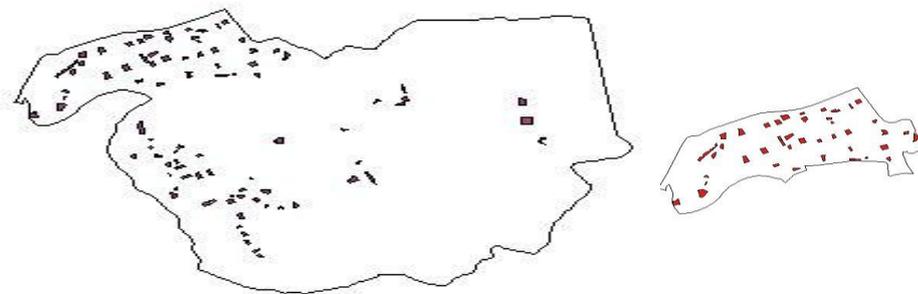


Tabla 3. Indices de composicion y configuracion de las areas verdes publicas a nivel del distrito de La Molina y del sector Camacho-Sta. Patricia.

	Distrito La Molina	Sector Camacho – Sta. Patricia
Porcentaje de areas verdes publicas respecto al area total del sector (%)	1.3	4.9
Densidad de fragmentos (N/100 Ha.)	1.9	6.6
Mediana del area de fragmentos (Ha.)	0.57	0.64
Mediana del indice de forma del fragmento	1.19	1.13
Coefficiente Gini	0.353	0.303

Los índices señalan que las áreas verdes publicas ocupan un pequeño porcentaje respecto a la superficie total del Distrito (1.3 %) asimismo la densidad por habitante es pequeña (4.96 m²/hab.) comparado con el 13.12 m²/hab. del distrito de Miraflores (El Comercio, 2008), cuyos habitantes registran un nivel socioeconómico similar. En este caso es importante señalar el fenómeno registrado en el distrito de La Molina, por el cual existen extensas áreas verdes de acceso restringido, como la UNALM o el club de golf La Planicie; asimismo existen sectores residenciales con lotes de grandes dimensiones que permiten la presencia de jardines privados, que de alguna manera satisfacen la necesidad recreativa y visual de sus ocupantes.

4. Conclusiones

El presente estudio tiene como fin interpretar la presencia espacial de las áreas verdes públicas, que están distribuidas en el distrito de La Molina. Con este motivo la investigación estableció un patrón espacial fragmentado a nivel distrital. La metodología consistió en elaborar un mapa, de áreas verdes publicas, para luego calcular índices de forma, tamaño y distribución. La interpretación de resultados se realiza bajo el marco teórico de la Ecología del Paisaje.

El propósito del estudio es el análisis espacial de los fragmentos, del mapa de áreas verdes, a través del hallazgo de indicadores cuantificables. En esta labor se utiliza el programa ArcView (SIG) así como conceptos estadísticos para la colección, análisis, presentación e interpretación de resultados. Los indicadores para percibir con claridad el patrón espacial, son aquellos ya probados en la literatura. Los resultados consisten en cuantificar la composición y configuración de las áreas verdes publicas, en la matriz urbana de La Molina.

El panorama mostrado por el mapa de áreas verdes publicas, los indicadores de tamaño, forma y distribución, la curva de Lorenz y el coeficiente de Gini indican que el patrón espacial de estos espacios es fragmentado. Los tamaños son generalmente uniformes y las formas regulares, lo cual muestra un paisaje que responde a su vez al patrón ortogonal del trazado de calles y manzana.

La distribución espacial de los fragmentos dentro de una matriz pudo ser representada a través de 4 indicadores: el porcentaje del área que ocupan los fragmentos respecto a la superficie total de la matriz, la densidad de los fragmentos (cantidad por área), la mediana del conjunto de áreas de los fragmentos, y la

mediana del conjunto de índices de forma de los fragmentos. Estos indicadores establecen claramente la poca representatividad de las áreas verdes públicas respecto a la superficie total del distrito, asimismo muestran la condición de dispersión así como el pequeño tamaño promedio de los fragmentos. Tanto la curva de Lorenz como el coeficiente de Gini señalan homogeneidad en la distribución de la superficie entre todos los fragmentos.

Figura 9. Imagen de satélite mostrando el distrito de La Molina (Fuente: GoogleEarth).



La interpretación visual del mapa de áreas verdes publicas, sugiere la existencia de cuatro grupos o aglomeraciones de áreas verdes públicas que se presentan en cuatro distintos sectores dentro del Distrito. Estos cuatro sectores son: a. Camacho-Santa Patricia (Eje Av. Javier Prado), b. La Molina Vieja-Las Viñas (Eje Av. Corregidor), c. La Planicie-El Sol de la Molina (Eje Av. La Molina) y d. La Rinconada (Eje Av. Raúl Ferrero).

El análisis muestra que el patrón de distribución de las áreas verdes públicas cae en dos categorías: la correspondiente a la escala distrital, con una baja densidad de fragmentos y una mayor fragmentación y dispersión; y la escala sectorial (Camacho-Sta. Patricia) donde hay una mayor aglomeración de las áreas verdes publicas. Los sectores a y b poseen una mayor densidad de áreas verdes respecto a las dos ultimas; debido a que el tamaño de los lotes residenciales, de los sectores c y d, permiten tener un área verde privada que sustituye a los espacios públicos.

De acuerdo con Forman y Godron (1981), la cercanía entre áreas verdes, en los sectores a y b, indica una mayor probabilidad de interacción entre estos fragmentos, lo cual esta a su vez relacionado con el potencial incremento de biodiversidad de estos 2 sectores. Por este motivo se sugiere una estrategia

que priorice la integración de las áreas verdes en esos sectores.

El criterio para la provisión y mantenimiento, de áreas verdes de carácter público, deberá considerar específicamente la distribución de espacios libres en todo el distrito, la disponibilidad de áreas podrá promover la mencionada integración e interconexión entre fragmentos.

El tamaño pequeño y uniforme de los espacios verdes (mostrados en los intervalos y en la mediana), así como su accesibilidad y agrupamiento, favorece su manejo pues se pueden plantear actividades logísticas y de provisión de Mano de Obra, Materiales y Equipos tomando ventaja de esa uniformidad y de la economía de escala. Una forma sería la modulación humano de mantenimiento. El objetivo es facilitar la gestión de los espacios municipales.

El patrón de ocupación y urbanización del distrito de La Molina muestra una preeminencia del espacio construido frente a las áreas verdes públicas, de los sistemas de riego, maquinaria y del equipo. Las cuales ocupan un pequeño porcentaje respecto a la superficie total del distrito.

La escasez de áreas genera el problema de falta de cohesión e interconexión entre los espacios públicos. Para solucionar el problema se recomienda en primer lugar crear grupos compactos de árboles al interior de los fragmentos e interconectarlos a través de plantaciones forestales a lo largo de las calles. La forestación de los espacios públicos va a crear hábitats para las plantas y animales urbanos; la creación de hábitats a su vez incrementará la biodiversidad y por tanto la calidad ambiental en el espacio urbano.

Se recomienda considerar los espacios verdes más grandes (Campus de la Universidad Agraria y Club La Planicie) a modo de fuentes y reserva de recursos bióticos que alimentan los flujos de animales y mantienen la vitalidad de los procesos ecológicos. Esto permitirá establecer una estrategia de interconexión entre espacios verdes que considere un enlace con estos dos grandes espacios a fin de aprovechar las ventajas de su tamaño.

5. Referencias bibliográficas

Aguiló M, E Iglesias. 1995. Landscape inventory. En: Martínez-Falero E y S Gonzalez-Alonso (editores). Quantitative techniques in landscape planning: 47-85. CRC Press, Boca Raton, Florida, EEUU.

Bellu LG, P Liberati. 2005. Charting income inequality – the Lorenz curve. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO. Roma, Italia.

Christchurch City Council. <http://www.cityplan.ccc.govt.nz/NXT/gateway.dll?f=templates&fn=default.htm>. Última revisión 23AGO2008.

Davidson C. 1998. Issues in measuring landscape fragmentation. Wildlife Society Bulletin 26(1): 32-37.

El Comercio, “Miraflores, una ciudad de cara al mar” 9 de julio del 2008. Casa y Mas – El Comercio

(Lima), pp. 4-5.

Elkie P, R Rempel and A Carr. 1999. Patch Analyst User's Manual. Ont. Min. Natur. Resour. Northwest Sci. And Technol. Thunder Bay, Ont. TM-002. 16 pp + Append.

Gonzales-Alonso S, Martínez-Falero E. 1995. Data analysis and processing information in Landscape Planning. En: Martínez-Falero E y S Gonzalez-Alonso (editores). Quantitative techniques in landscape planning: 1-24. CRC Press, Boca Raton, Florida, EEUU.

INEI. 2005. Banco de información distrital. <http://desa.inei.gov.pe/mapas/bid>. Última revisión: 27AGO2008.

Kong F, N Nakagoshi. 2006. Spatial temporal gradient analysis of urban open green spaces in Jinan, China. Landscape and Urban Planning 78(3): 147-164.

Li H, J Reynolds. 1993. A new contagion index to quantify spatial patterns of landscapes. Landscape Ecology 8: 155-162.

Luck M, J Wu. 2002. A gradient analysis of urban landscape pattern: a case study from the Phoenix metropolitan region, Arizona, USA. Landscape Ecology 17: 327-339.

Mendoza E, J Fay, R Dirzo. 2005. A quantitative analysis of forest fragmentation in Los Tuxtlas, southeast Mexico: patterns and implications for conservation. Revista Chilena de Historia Natural 78: 451-467.

Neel MC. 2008. Landscape pattern analysis. http://alyxia.umiacs.umd.edu/research/land_pattern.php. Última revisión 29AGO2008

Roberti L. 2004. Integrating People and Nature in Urban Wilderness: Bringing together concepts from ecological planning, design and restoration to address the opportunities and challenges of an urban regeneration project. FES Outstanding Graduate Student Paper Series, Volume 9, Number 5.

Thompson CW. 2002. Urban open space in the 21st century. Landscape and Urban Planning 60 (2): 59-72.

Universite de Franche-Comte. 2008. Introduction to landscape metrics http://www.univ-fcomte.fr/download/ufr_st/document/licences/doc_s_sciences_de_la_vie/descripteurs_phys_chim_mi_lieux/introduction_to_landscape_metrics_corpus.pdf. Última revisión: 25AGO2008.