

# **El paisaje y su influencia en el comportamiento estacional de Phlebotominae (Diptera: Psychodidae) y casos humanos de leishmaniasis en la Provincia de Jujuy.**

---

Lic. en Cs. Biológicas Carlos H.A. Cabrera

Presentado ante la Facultad de Matemática, Astronomía y Física  
y el Instituto de Altos Estudios Espaciales Mario Gulich  
como parte de los requerimientos para la obtención del grado de

**MAGISTER EN APLICACIONES ESPACIALES DE ALERTA Y  
RESPUESTA TEMPRANA A EMERGENCIAS**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA**

Febrero, 2017

©IG - CONAE/UNC 2017

© FAMAFA - UNC 2017

Directora: **Dra. María Gabriela Quintana**

Instituto Nacional de Medicina Tropical, MSN,  
Instituto Superior de Entomología, FCN e IML, UNT - CONICET

Co-Directora: **Dra. Ximena Porcasi**

Instituto "Mario Gulich", CONAE Córdoba, Argentina



El estudio de el paisaje y su influencia en el comportamiento estacional de Phlebotominae (Diptera: Psychodidae) y casos humanos de leishmaniasis en la Provincia de Jujuy, por Cabrera Carlos. Se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 2.5 Argentina](#).

# Resumen

Los flebótomos son vectores de parásitos responsables de la leishmaniasis cutánea (LC), enfermedad endémica en la provincia de Jujuy. La leishmaniasis es una enfermedad con un ciclo epidemiológico complejo donde intervienen distintos aspectos en relación a diferentes actores.

La ecoepidemiología de la leishmaniasis y el estudio de los cambios que se producen en el paisaje juegan un rol importante para establecer políticas preventivas de salud pública y ambiental.

Los cambios antrópicos, especialmente la conversión y la degradación de los hábitats, están causando la disminución de la biodiversidad global. En consecuencia, cambios en la composición del paisaje pueden afectar de distintas maneras y a distintas escalas a especies con diferentes requerimientos para refugio, alimentación y reproducción.

Los objetivos de esta tesis están orientados al estudio de los cambios de las coberturas y uso del suelo en el comportamiento estacional de flebótomos y la presencia casos humanos de leishmaniasis.

En este trabajo se partió de la hipótesis que actividades como la deforestación, aún a pequeña escala, tienen implicancias en el aumento del riesgo de contraer LC.

El estudio se llevó a cabo en el este de la provincia de Jujuy. Los sitios se seleccionaron en base a antecedentes epidemiológicos y entomológicos. Se describió la evolución de los cambios de uso de suelo y cobertura entre los años 1998 y 2006, destacándose que en el año 2002 se registró el brote más importante de casos de LC de la provincia. Se analizaron relaciones entre la abundancia de flebótomos, los casos de LC y las métricas del paisaje en el área.

Se colectaron un total de 11.676 individuos correspondientes a *Nyssomyia neivai* (91.84%), *Migonemyia migonei* (7.39%), y *Evandromyia cortezezzii* (0.77%). La especie dominante es el principal vector incriminado en el NOA, y la segunda especie actúa como vínculo entre los ciclos zoonótico y antroponozoonótico de transmisión.

Entre los años 1998 y 2006 se registró una pérdida de la vegetación boscosa de aproximadamente 9.700 ha. Estas pérdidas y degradación del ambiente contribuyen a generar hábitats propicios para los vectores de la LC. Se observó que el tamaño y número de parches presentaron la mayor variabilidad.

Las localidades Vinalito y Acheral estuvieron relacionadas, mientras que Calilegua y Vilalidad-Aforo no se asociaron. El tamaño y forma del parche, su borde y su distribución, estuvieron relacionados afectando la abundancia tanto de *Ny. neivai* (pseudo  $R^2 = 0,73$ ) como de *Mg. migonei* (pseudo  $R^2 = 0,71$ ).

Los resultados expuestos son de relevancia para la toma de decisiones en salud pública. Este trabajo de tesis es un punto de partida para profundizar en la planificación en estrategias de control y prevención de la leishmaniasis, a partir de datos cuantitativos y la posibilidad de explorar potenciales mapas predictivos.

**Palabras claves:** Leishmaniasis, Phlebotominae, ecoepidemiología, métricas ambientales, Jujuy.

# Abstract

Phlebotomines are insects, vectors of parasites responsible for cutaneous leishmaniasis (CL), this is an endemic disease in the province of Jujuy. Leishmaniasis is a disease with a complex epidemiological cycle where different actors are involved.

The ecoepidemiology of leishmaniasis and the study of landscape changes that occur, play an important role in establishing preventive public health and environmental policies.

The anthropogenic changes, as the conversion and degradation of habitats, are causing a decline in global biodiversity. Consequently, changes in the composition of the landscape can affect different species at different scales with different requirements for shelter, food and reproduction.

The objectives of this thesis are oriented to the study of changes in cover and land use in the seasonal behavior of sandflies and human cases of leishmaniasis.

The study was carried out in the eastern province of Jujuy. The sites were selected based on epidemiological and entomological antecedents. The evolution of changes in land use and coverage between 1998 and 2006 was described, noting that in 2002 the most important outbreak of cases of LC in the province was recorded. We analyzed relationships between phlebotomine abundance, LC cases and landscape metrics in the area.

A total of 11.676 individuals were collected corresponding to *Nyssomyia neivai* (91.84%), *Migonemyia migonei* (7.39%), and *Evandromyia cortelezii* (0.77%). The main vector incriminated in the NOA was the dominant species, and the second species acts as a link between the zoonotic and anthrozootic transmission cycles.

Between 1998 and 2006 there was a loss of forest vegetation of approximately 9,700 ha. These losses and degradation of the environment contribute to generate favorable habitats for the LC vectors. It was observed that the size and number of patches presented the greatest variability.

The Vinalito and Acherai localities were related, while Calilegua and Vilalidad-Aforo were not associated. The size and shape of the patch, its border and its distribution, were related affecting the abundance of *Ny. neivai* (pseudo  $R^2= 0,73$ ) and *Mg. migonei* (pseudo  $R^2 = 0,71$ ).

The results are relevant for decision making in public health. This thesis work is a starting point to deepen the planning in strategies of control and prevention of leishmaniasis, based on quantitative data and the possibility of exploring potential predictive maps.

**Keys Words:** Leishmaniasis, Phlebotominae, ecoepidemiology, landscape metrics, Jujuy.

## **Agradecimientos**

Durante todo este tiempo, la dedicación, el esfuerzo y la perseverancia me permitieron concluir esta etapa de mi vida. Etapa donde muchas personas estuvieron presentes apoyando el desarrollo de mi formación personal y profesional, por lo que me gustaría expresar en estas líneas mi más sincero y profundo agradecimiento a todas aquellas personas que han colaborado de alguna forma en esta etapa de mi vida y en la elaboración del presente trabajo.

Quiero agradecer en primer lugar a la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) y al Instituto de Altos Estudios Espaciales “Dr. Mario Gulich” por haberme brindado la posibilidad de acceder a la beca de la Maestría en Aplicaciones Espaciales de Alerta y Respuesta Temprana a Emergencias.

Agradezco al Dr. Daniel Salomón por haberme recomendado como postulante a la beca de maestría en el Instituto de Altos Estudios Espaciales “Dr. Mario Gulich”, y por aceptarme a formar parte de REDILA.

Deseo expresar mi agradecimiento de manera especial y sincera a la Dra. María Gabriela Quintana por aceptar ser mi directora de tesis y permitirme trabajar bajo su dirección. Por la confianza brindada, por su apoyo incondicional en la realización de este trabajo, por su dedicación plena e incansable disposición. Por la enseñanza impartida en todos estos años que ayudaron a resolver mis inconvenientes y contribuyeron a forjar mi formación profesional.

Quiero expresar también mi más sincero agradecimiento a la Dra. Ximena Porcasi por la ayuda brindada en el proceso de tesis desempeñando el rol de codirector de tesis.

A todos mis compañeros de posgrado, docentes del Instituto de Altos Estudios Espaciales “Dr. Mario Gulich” que contribuyeron a mi formación e hicieron posible que hoy esta tesis esté presentada. A Andrés por la ayuda y predisposición.

Especialmente a Mercedes quien me apoyó en este desarrollo personal sin pertenecer a este mundo científico, intentando comprender algunas situaciones atípicas. Y dedicada especialmente a mi hijo Álvaro, quien me empujó en el tramo final de esta Tesis.

A toda mi familia y amigos. Muchas Gracias a todos mis seres queridos que siempre los guardo en mi alma....

Esta tesis está dedicada a mi amado hijo Álvaro

*“No te rindas  
que la vida es eso,  
continuar el viaje,  
perseguir tus sueños,  
destrabar el tiempo,  
correr los escombros  
y destapar el cielo”*

(Mario Benedetti)

## INDICE GENERAL

<b>Resumen</b> .....	i
<b>Abstract</b> .....	ii
<b>Agradecimientos</b> .....	iii
<b>Contenido</b> .....	iv
Capítulo 1. INTRODUCCIÓN GENERAL .....	1
1.1. Leishmaniasis .....	1
1.1.1. Vectores: su importancia .....	2
1.1.1.1. Distribución Geográfica de principales especies incriminadas como vector .....	4
1.1.2. Agente Etiológico .....	4
1.1.3. Reservorios.....	5
1.2. Ciclo Biológico de la <i>Leishmania</i> .....	6
1.3. Diagnóstico, tratamiento y prevención.....	6
1.4. Leishmaniasis y cambio climático .....	7
1.5. Fundamentos de la teledetección.....	8
1.6. Imágenes satelitales.....	11
1.6.1. Sensores Remotos: Características de las Imágenes Landsat .....	11
OBJETIVOS.....	12
HIPOTESIS.....	12
Capítulo 2. CARACTERIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.....	13
Capítulo 3. NIVELES EPIDEMICOS DE TRANSMISION DE LEISHMANIASIS CUTANEA EN JUJUY.....	18
3.1. Introducción.....	18
3.2. Materiales y Métodos .....	19
3.2.1. Casos Notificados .....	19
3.3. Resultados.....	19
3.3.1. Casos por año en Argentina .....	19
3.3.2. Casos por año en la provincia de Jujuy .....	21

3.3.3. Casos por Departamento en la provincia de Jujuy.....	22
3.3.4. Número de casos según grupo etario diferenciado por sexo.....	24
3.3.5. Casos por semanas epidemiológicas.....	24
3.3.6. Incidencia.....	25
3.3.7. Brote año 2002.....	26
3.4. Discusión.....	28
Capítulo 4. CAMBIO DE COBERTURA Y USO DE SUELO A PARTIR DE INFORMACION DE SENSORES REMOTOS.....	30
4.1. Introducción.....	30
4.1.1. Teledetección: pre-procesamiento.....	30
4.1.2. Teledetección: Índices.....	31
4.1.3. Sensores aplicados a la salud.....	32
4.1.4. Cambio de cobertura y uso del suelo.....	32
4.2. Materiales y Métodos.....	33
4.2.1. Imágenes satelitales utilizadas.....	33
4.2.2. Pre-procesamiento y Procesamiento de la imagen.....	35
4.2.3. Cálculo del Índice (NDVI).....	35
4.2.4. Cálculo de cambios de cobertura y uso del suelo.....	36
4.2.5. Análisis de los datos.....	39
4.3. Resultados.....	39
4.3.1. Creación de la Matriz de datos.....	39
4.3.2. Detección de Cambios entre años.....	41
4.4. Discusión.....	43
Capítulo 5. PAISAJES ANTROPIZADOS: métricas.....	45
5.1. Introducción.....	45
5.1.2. Proceso de Clasificación digital mediante <i>Maximum Likelihood</i> .....	45

5.1.3. Ecología de Paisaje: métricas .....	46
5.2. Materiales y Métodos .....	49
5.2.2. Procesamiento de las imágenes satelitales .....	49
5.2.2.1. Proceso de Clasificación digital mediante <i>Maximum Likelihood</i> .....	49
5.2.2.2. Evaluación de las Clasificaciones Supervisadas.....	50
5.2.3. Extracción de Métricas.....	50
5.2.4. Análisis de los datos.....	51
5.2.4.2. Coberturas y Uso de Suelo .....	51
5.2.4.3. Evaluación de las métricas .....	51
5.3. Resultados.....	52
5.3.2. Clasificaciones Supervisadas (Índice Kappa) .....	52
5.3.3. Coberturas y Uso de Suelo .....	52
5.3.4. Evaluación de las métricas .....	52
5.3.4.1. Área Total (CA) .....	52
5.3.4.2. Número de parches (NP).....	53
5.3.4.3. Índice del parche más grande (LPI) .....	53
5.3.4.4. Borde Total (TE) .....	54
5.3.4.5. Índice de Forma (SHAPE) .....	55
5.3.4.6. Dimensión fractal medio (FRAC).....	55
5.3.4.7. Distancia media al vecino más cercano (ENN) .....	56
5.3.4.8. Índice de equidad de Shannon (SHEI) .....	57
5.3.5. Análisis de Componentes Principales (ACP).....	60
5.4. Discusión .....	63
Capítulo 6. ABUNDANCIA DE VECTORES: RELACION CON PAISAJES MODIFICADOS Y LA PRESENCIA DE CASOS DE LC.....	66
6.1. Introducción.....	66

6.1.1. Especies incriminadas en la región .....	67
6.2. Materiales y Métodos .....	67
6.2.1. Muestreo de Flebótomos.....	67
6.2.1.1. Trabajo de Campo.....	67
6.2.1.2. Trabajo de Laboratorio .....	68
6.2.2. Análisis de los datos.....	68
6.2.2.1. Caracterización de los sitios por estación según especies.....	68
6.2.2.2. Relación entre las métricas y abundancia de flebótomos .....	68
6.2.2.2.1. Selección del modelo .....	69
6.2.2.3. Relación entre abundancia de flebótomos y casos.....	70
6.2.2.4. Relación entre métricas y casos.....	70
6.3. Resultados.....	70
6.3.1. Especies incriminadas en la región y su caracterización en los sitios por estación .....	70
6.3.2. Relación entre las métricas y abundancia de flebótomos .....	71
6.3.3. Relación entre abundancia de flebótomos y casos.....	77
6.3.4. Relación entre métricas y casos.....	78
6.4. Discusión .....	78
7. CONCLUSIONES GENERALES .....	81
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	82
Anexo .....	91

## Capítulo 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

### 1.1. Leishmaniasis

La leishmaniasis es una enfermedad parasitaria con diferentes clínicas y de transmisión vectorial, en donde los flebótomos (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) son los vectores naturales de los parásitos tripanosomatídeos. Los principales reservorios son algunos mamíferos. En Argentina el reservorio para *Le. braziliensis* (parásito responsable de la leishmaniasis cutánea) no ha sido identificado aún, y el humano es considerado un hospedador accidental (Salomón et al., 2011a – b).

Las manifestaciones clínicas principales de la leishmaniasis son la leishmaniasis visceral (LV), leishmaniasis cutánea (LC) y leishmaniasis mucocutánea (LMC). Su forma clínica más grave es la LV que sin tratamiento puede llevar a la muerte. La expresión patológica va a depender principalmente de la especie y cepa del parásito, como así también del vector, huésped, reservorio, del ambiente, y del escenario epidemiológico (Salomón, 2003; Salomón et al., 2008).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima una incidencia mundial anual de 2 millones de casos nuevos, de los cuales 1,5 millones de leishmaniasis cutánea y 500.000 de leishmaniasis visceral, con unos doce millones de personas enfermas actualmente. Afecta a 88 países en todo el mundo, 72 de ellos se encuentran en vías de desarrollo y los restantes están entre los más pobres del mundo, principalmente perteneciente a países en vías de desarrollo (WHO, 2002). Por tanto, es considerada una enfermedad de los pobres y también, una enfermedad olvidada, ya que no es rentable invertir en la investigación de fármacos que puedan prevenirla o tratarla, pues quienes la padecen por sus condiciones económicas quedan fuera de los intereses del mercado mayoritario (DNDi's, 2013).

En la actualidad la leishmaniasis se ha convertido en una prioridad para la OMS por su alto índice de mortandad, ya que es una de las que más muertes ocasionan después de la malaria en particular la LV (OMS 1990, 2010).

En los últimos años, se considera a la leishmaniasis como una enfermedad re-emergente y/o emergente que, al igual que otras enfermedades transmitidas por vectores, involucra un sistema socio-bio-ecológico en constante evolución espacio-temporal junto con otras también transmitidas por artrópodos (Ashford, 2000; Desjeux, 2001; Fernández, 2012).

La LC es endémica en nueve provincias del norte argentino (Jujuy, Salta, Tucumán, Catamarca, Santiago del Estero, Chaco, Formosa, Corrientes y Misiones). La distribución geográfica de los episodios epidémicos incorporó sucesivamente las ecoregiones de transmisión histórica de Este a Oeste (Salomón et al., 2008; Salomón et al., 2011a; Quintana et al., 2012).

Los primeros registros en Argentina datan de principio de siglo XX y desde entonces y hasta la década de '50 la transmisión de esta enfermedad tuvo características endémicas. Posteriormente, el número de casos humanos de LC se incrementó de 40 a 90 casos anuales entre 1954 y 1983. Entre 1984 y 1987 se presentó el primer brote epidémico en el noreste de la provincia de Salta (Sosa Estáni y Salomón 2002), y a partir de allí aparecieron brotes epidémicos más frecuentes e intensos en toda el área endémica, presentándose el de mayor casuística 1997 y 1998 en el norte de Salta con unos 1200 casos humanos. Luego en 2002 se

vuelven a registrar brotes en toda el área endémica y desde ese año hasta la actualidad se presentan anualmente 200 casos (Salomón et al., 2011a; Quintana et al., 2012).

De los 8.126 casos de LC registrados en el país hasta 2006, el 58,2% pertenecido a las provincias de Salta y Jujuy (Salomón, 2001a; Salomón, et al., 2006; Salomón, et al., 2008; Córdoba-Lanús et al., 2006, Quintana et al., 2013).

La especie incriminada como vector en el noroeste es *Ny. neivai* (Córdoba-Lanús et al., 2006), y su dinámica anual es bimodal con picos en primavera y otoño (Salomón et al., 2002 a - b; Salomón et al., 2008; Quintana et al., 2010; Fuenzalida et al., 2011).

En la provincia de Jujuy la LC es endémica en los departamentos de San Pedro, Ledesma y Santa Bárbara. Desde comienzos del siglo se han observado casos humanos, con compromiso cutáneo y cutáneo mucoso, en personas dedicadas a la agricultura, pesca, entre otras actividades afines.

Desde 1985 a 2012 los casos notificados totales en la provincia de Jujuy demuestran que los ciclos de transmisión aumentan cada cuatro a cinco años (Ripoll, 2012). De 462 casos autóctonos de LC registrados en este periodo, el departamento Santa Bárbara notificó 129 casos, siendo junto a los departamentos Ledesma y San Pedro los principales proveedores de casos autóctonos de leishmaniasis en Jujuy (Ripoll, 2012).

En la cadena de transmisión de estas enfermedades intervienen entonces tres factores: un vector invertebrado que propaga la enfermedad, un artrópodo; el agente etiológico, un parásito; y un hospedero, por lo general un mamífero.

### **1.1.1. Vectores: su importancia**

Los flebótomos (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) son vectores naturales de parásitos tripanosomatídeos, los cuales producen las leishmaniasis. La transmisión de la leishmaniasis ocurre por medio de la picadura de una hembra previamente infectada por alimentación sobre un animal (Galati, 2003).

Estos dípteros miden entre 2 y 3 mm en estado adulto, el color del cuerpo varía desde claro a pardo y se caracterizan por tener la cabeza hacia abajo formando un ángulo casi recto con el tórax. Presentan abundantes setas, y alas en posición erecta en forma de "V", con 45° aproximadamente con respecto del abdomen (Figura 1.1). En general, los machos se diferencian de las hembras por presentar genitales externos grandes y articulados, para la cópula (Salomón 2001a).



Figura 1.1 – Fotografía ilustrativa de una hembra de *Ny. neivai*.

Los hábitos hematófagos que presentan los flebótomos los lleva a desarrollar un papel vectorial, ya demostrado naturalmente y experimentalmente, en la transmisión de varios agentes patógenos para el hombre, entre ellos la *Leishmania* (Kinetoplastida: Trypanosomatidae), donde cada especie de parásito tiene un único perfil epidemiológico con diferentes vectores, huéspedes, reservorios y distribución geográfica (Grimaldi & Tesh, 1993).

En el mundo fueron descritas 700 especies de vectores, aproximadamente 500 se han registrado en América (Galati, 2003). Los flebótomos en la Argentina, según nomenclatura de Galati (2003) se amplían a 39 especies (Salomón et al., 2010, Szélag et al., 2016), entre las cuales especies como *Nyssomyia neivai*, *Ny. whitmani*, *Migonemia migonei* y *Evandromyia cortezezzii-salessi*, fueron implicadas en la transmisión de *L. (V.) braziliensis* (Quintana et al., 2012). Algunas especies son consideradas como vectores secundarios como ser *Pintomyia fischeri* (Pinto) y *Pintomyia pessoai* (Countinho & Barretto) (Salomón et al., 2010).

Su hábitat comprende áreas desde la selva húmeda hasta regiones muy áridas, y entre el nivel del mar y los 3.200 msnm. La mayor parte de las especies del Nuevo Mundo viven más en selvas que en zonas áridas (Santini et al., 2010). Tienen actividad crepuscular y nocturna, generalmente con temperaturas superiores a los 18°C aproximadamente y sin presencia de viento (Fuenzalida et al., 2011; Cabrera, 2013).

Existen numerosas investigaciones que muestran una actividad óptima para *Ny. Neivai* en zonas cuyas temperaturas oscilan entre los 20 a 25°C. Ello sugiere que la temperatura es uno de los principales factores que previenen en la expansión de los vectores (Salomón et al., 2008; Garrahan, et al., 2010; Fuenzalida et al., 2011; Santini et al., 2010; Cabrera, 2013).

La importancia del estudio de estos insectos hematófagos se debe a que afectan directamente a las personas y animales domésticos, y es por esta razón, investigar la eco-

epidemiología en las áreas endémicas juega un rol importante en el proceso de establecer estrategias de control y políticas preventivas de salud pública y ambiental.

#### **1.1.1.1. Distribución Geográfica de principales especies incriminadas como vector**

En Argentina, la distribución de flebotomos por ecoregiones muestra diferencias en la composición relativa de las especies dando lugar a diferentes escenarios epidemiológicos. El área subtropical del pedemonte de Yungas, Chaco húmedo, selva paranaense y, los grandes ríos del Chaco seco, presentan brotes epidémicos de leishmaniasis cutánea (LC) periurbanos/rurales. *Nyssomyia neivai* (Pinto), es el principal vector incriminado en el noroeste argentino (Salomón et al., 2012; Quintana et al., 2012)) y se asocia con *Migonemyia migonei* (França), especie secundaria que actúa como bisagra en el ciclo de transmisión manteniendo la circulación parasitaria en ambiente silvestres (Salomón et al., 2008).

El área de Chaco seco presenta una transmisión de LC esporádica o agrupada por contactos con -hotspot-, con *Mg. migonei* como dominante. El noreste del país o región paranaense, a diferencia de las regiones anteriormente mencionadas, presenta mayor diversidad; con brotes de LC en deforestaciones recientes, con *Ny. whitmani* (Antunes & Coutinho) como dominante (Salomón et al., 2008).

En relación a focos urbanos de leishmaniasis visceral (LV), se registra desde el año 2004 en la provincia de Formosa, la presencia de *Lutzomyia longipalpis* (Lutz & Neiva), principal vector transmisor de *Le. infantum*. En el año 2006 se registran los primeros casos humanos y caninos de LV en Misiones y a partir de allí se registra una creciente dispersión del vector (Salomón et al., 2008; Santini et al., 2010; Salomón et al., 2011a – b, Salomón et al., 2015).

#### **1.1.2. Agente Etiológico**

Los protozoarios son los responsables de algunas de las enfermedades más comunes y devastadoras, como la leishmaniasis, malaria y el chagas, que afectan al hombre y a los animales domésticos, amenazando la vida de una tercera parte de la población mundial (WHO, 2010).

Desde el punto de vista sanitario y socioeconómico son especialmente interesantes los géneros *Leishmania* y *Trypanosoma*, con varias especies que afectan tanto a los seres humanos como a los animales domésticos.

Los parásitos del género *Leishmania* (*Le.*) (Kinetoplastida: Trypanosomatidae) son parásitos intracelulares del sistema reticuloendotelial de los mamíferos, quienes producen en el hombre una enfermedad conocida como leishmaniasis, causada por hasta 29 especies distintas del género *Leishmania*, de las cuales 15 afectan al hombre, 10 en el nuevo Mundo (WHO 2010; Fernández, 2012).

En Argentina se han aislado cuatro especies de *Leishmania* a partir de casos humanos: *Le. amazonensis*, *Le. guyanensis*, *Le. braziliensis* y *Le. infantum* (syn. *chagasi*) (Salomón et al., 2008a - b). Las tres primeras, asociadas a LC; la última a LV (Salomón et al., 2006; Salomón et al., 2008; Salomón et al., 2011b). *Leishmania braziliensis* y *Le. infantum* son los responsables de la mayor parte de los casos de LC y LV respectivamente, en el país.

El sitio donde se desarrolla el parásito varía entre los diferentes grupos de *Leishmania*, y está relacionada con la micro-morfología y bioquímica del intestino del flebotomo. Esta

relación ha permitido utilizar la localización de los parásitos en el intestino (píloro) para clasificar *Leishmania* en los tres grupos siguientes: hipopilaria, en las que el desarrollo ocurre únicamente en el intestino posterior del vector y la transmisión a lagartos u otros vertebrados insectívoros ocurre por medio de la ingestión de un flebótomo infectado; peripilaria, en que el desarrollo inicial del parásito ocurre en el intestino posterior, con subsiguiente migración hacia el anterior antes de la transmisión por la acción de picadura del vector. Se incluye en este grupo el subgénero *Viannia*: *Leishmania* (*Viannia*) *brasiliensis*, *Leishmania* (*V.*) *panamensis*, *Leishmania* (*V.*) *guyanensis* y *Leishmania* (*V.*) *peruviana*. Finalmente, suprapilaria, en el cual todo el desarrollo del parásito ocurre en el intestino medio antes migrar hacia las piezas bucales y su consiguiente transmisión por picadura es característico de los miembros del subgénero *Leishmania* *sensu stricto*: como *Leishmania* (*Leishmania*) *infantum*, *Leishmania* (*L.*) *donovani*, *Leishmania* (*L.*) *mexicana*, *Leishmania* (*L.*) *hertigyi*, *Leishmania* (*L.*) *major* (OPS, 2006).

### 1.1.3. Reservorios

Se define como reservorio de una enfermedad aquel animal que garantiza la existencia del agente etiológico y facilita su posterior transmisión. Para que pueda considerarse como reservorio principal debe reunir, en mayor o menor grado, ciertas condiciones estimadas por la WHO (1984).

Un animal es reservorio secundario cuando esas características se reúnen sólo de manera parcial, indicando que la interrelación entre el animal y el protozoo es reciente en términos evolutivos y, por lo tanto, inestables. Como es lógico, los reservorios principales son escasos y los secundarios son numerosos (Rotureau, 2006).

En los focos de leishmaniasis que existen en el mundo se han citado una gran variedad de animales mamíferos, como reservorios de distintas especies de *Leishmania* en el viejo Mundo (37 especies) y en el nuevo mundo (25 especies) (Reithinger et al., 2003).

Por regla general existe un ciclo selvático de la leishmaniasis mantenido entre un reservorio salvaje y los flebótomos del entorno. Por sinantropía, sea del reservorio o del vector, el ciclo se aproxima al ámbito peridoméstico para, finalmente arraigarse entre los vectores y animales domésticos. Entre ellos, vale la pena destacar el perro, por su proximidad al entorno humano en el caso de la LV (Quintana et al., 2012; Santini et al., 2010). Una especie que se caracteriza por ocupar ambientes peridomésticos, es *Ny. neivai*, quien fue encontrada con altos valores de abundancia en lugares en gallineros, corrales de cerdos y refugios para perros (Salomón et al., 2002a, Cutolo et al., 2014).

El humano se infecta normalmente de manera accidental (Salomón et al., 2008), ya sea al penetrar en el ciclo selvático por condiciones de vivienda, de actividad laboral o recreativa, o bien, al implantarse un ciclo peridoméstico o doméstico. Se han descrito reservorios accidentales que constituyen -fondo de sacoll para el parásito y carecen de significación epidemiológica (WHO, 1984).

Los reservorios pertenecen a distintos grupos taxonómicos y son tanto silvestres como domésticos. Las leishmaniasis pueden ser una zoonosis si el reservorio es animal, o antroponosis si es humano (este último, sólo en el sudeste asiático). La mayoría pertenece al primer grupo y, como es obvio, los métodos de control difieren (WHO, 2010). Los reservorios

pueden ser, a su vez, animales domésticos, peridomésticos o salvajes, lo que también determina las medidas de control posibles.

## **1.2. Ciclo Biológico de la Leishmania**

En las áreas donde se reproducen los vectores también habitan los reservorios, los cuales aunque no padecen la enfermedad portan en su cuerpo el parásito *Leishmania*, en un estado denominado amastigote, y se reproducen en el hospedador mamífero definitivo.

Estos, cuando son picados por los flebótomos, se infectan con el microorganismo, y en su aparato digestivo pasa a la forma infectante ó promastigote, los que se reproducen en el flebótomo vector.

El flebótomo hembra ante la necesidad de permitir el desarrollo de sus huevos, pica e introduce los parásitos, que invaden los macrófagos de la piel y dentro de los mismos se convierten en amastigotes reproduciéndose sinérgicamente hasta romperla y entran al torrente sanguíneo del mamífero (Almeida et al., 2003). Cada uno de estos nuevos parásitos invade nuevos macrófagos y continúa el ciclo durante semanas o meses.

## **1.3. Diagnóstico, tratamiento y prevención**

El diagnóstico de la leishmaniasis se realiza mediante la visualización directa del parásito en improntas del sitio de la lesión, las cuales se tiñen con Giemsa u otro colorante de la serie de Romanowsky o por medio de biopsias. Otras posibilidades de diagnóstico consisten en el uso de técnicas moleculares como la PCR (reacción en cadena de la polimerasa) para amplificar e identificar el ADN del parásito. Dado que los amastigotas de todas las especies de *Leishmania* son idénticos morfológicamente, para el diagnóstico específico se recurre a técnicas especiales (García, 2014).

La expresión patológica va a depender principalmente de la especie y cepa del parásito, como así también del vector, huésped, reservorio, del ambiente, y del escenario epidemiológico (Salomón, 2003; Salomón et al., 2008).

La LC produce lesiones que, según la especie de *Leishmania* que se trate, pueden llegar a resolverse espontáneamente, persistir o con el tiempo provocar recidivas. Las leishmaniasis son enfermedades que producen un alto costo social debido a que los pacientes que no reciben tratamiento adecuado pueden tener lesiones mutilantes que afectan su vida social y su capacidad productiva (Salomón et al., 2012b; Fernández, 2012).

Diversos factores influyen en la transmisión del parásito a seres humanos: ocupación, hábitos, tipo de casa, costumbres, frecuencia y temporada de penetración en zonas endémicas.

En Argentina los nuevos focos correspondían a la apertura a explotaciones agrícola de zonas inhóspitas donde por siglos han permanecido al agente, los vectores silvestres y los reservorios sin la presencia del hombre (Salomón et al., 2008; Quintana et al., 2010). La enfermedad de la leishmaniasis presentaba hasta la década del '60 una incidencia mayor en el sexo masculino, registrando una mayor prevalencia en el grupo etario joven-adulto, como consecuencia del mayor riesgo a la exposición del vector por parte de las actividades del hombre (ciclo selvático), actualmente se reconocen otros ciclos de transmisión (ciclo peridoméstico y/o domésticos), donde niños y mujeres son igualmente afectados (Salomón et al., 2006).

Los tratamientos que se disponen actualmente presentan problemas diversos: efectos secundarios importantes, necesidad de un tratamiento prolongado y precio poco asequible para los afectados, agravado por la falta de fondos de la OMS para financiarlos.

A pesar de su grave impacto, y de afectar a los habitantes de las regiones más pobres del planeta, estas enfermedades aún están marginadas del interés de la industria farmacéutica. Actualmente se encuentran en fase de experimentación diversas vacunas, todavía no efectivas y, por lo tanto, la quimioterapia sigue siendo la principal forma de lucha contra los parásitos, lo que se ha convertido en un importante problema de salud pública (WHO, 2010).

La prevención de la leishmaniasis radica en el combate a los insectos vectores, los reservorios, y el tratamiento de las personas afectadas. La eliminación de los animales reservorios, excepto los domésticos infectados, constituye un método poco práctico y de difícil abordaje comunitario. En un estudio llevado a cabo en Italia para LV, en el que se adoptó la estrategia de tratar a los perros sintomáticos, el control efectuado al cabo de dos años permitió observar que la prevalencia no variaba demasiado (Gradoni et al., 1988).

La ausencia hasta la fecha de vacunas efectivas frente a la leishmaniasis, hace que se tengan que poner en práctica otras medidas destinadas al control de esta enfermedad, basadas en medidas de protección personal: como dormir bajo mosquiteras impregnadas de insecticida parece constituir la mejor opción de evitar la picadura del flebótomo (Manteca et al., 2015).

En áreas endémicas se recomendó como método adyuvante la utilización de telas metálicas protectoras en las aberturas de las viviendas (Manteca et al., 2015). Así mismo es recomendable que las personas que se van a internar en éstas áreas utilicen repelentes y ropas protectoras en los momentos de mayor actividad del vector (Fuenzalida et al., 2011; Cabrera, 2013).

#### **1.4. Leishmaniasis y cambio climático**

Se ha especulado en numerosas ocasiones en la influencia de los cambios ambientales en la distribución geográfica de determinadas enfermedades. Una hipótesis plantea que, como consecuencia del calentamiento del globo, aumentará la densidad de la población de vectores y consecuentemente tendrá lugar una expansión de los mismos (Patz et al., 2000). La otra hipótesis considera que, si bien es cierto el argumento anteriormente mencionado, es demasiado simplista, debido a que un aumento de la temperatura no significa necesariamente un aumento de la densidad poblacional de los vectores, puesto que tal aumento puede resultar perjudicial para el vector o, al menos, para alguna especie en concreto, y además, los cambios en las condiciones de vida de las personas pueden alterar la posibilidad de contacto con el vector (Hay et al., 2002; Rosales et al., 2014).

Los factores climáticos más influyentes en la actividad de éstos vectores son la temperatura y la humedad. Por debajo de 16°C los parásitos de la *Leishmania* cesan su desarrollo en el flebótomo, y una elevada temperatura prolonga la vida del vector, lo suficiente para transmitir la enfermedad a varias personas (Fuenzalida et al., 2011; Quintana et al., 2012).

Una de las razones principales por la que el cambio climático se acrecienta se le atribuye a la deforestación intensiva producida en las últimas décadas. Estas pérdidas y degradación del ambiente son debidas a la expansión sin control de la frontera agropecuaria, la sobreexplotación de los bosques, el desarrollo de infraestructura (como caminos y diques)

(Brown et al., 2006; Quintana et al., 2010; Ballesteros et al., 2012), lo cual contribuye a la creación de nuevos hábitats larvales y un incremento de la leishmaniasis (Patz et al., 2000).

La presencia de una determinada flora y fauna, puede influir también en la distribución de distintas enfermedades como la leishmaniasis, haciendo que ésta incremente o disminuya en un área geográfica concreta (WHO, 2002). Los cambios en las coberturas pueden afectar condiciones micro climáticas tales como la temperatura, evapotranspiración y la escorrentía superficial (Foley et al, 2005; Patz et al, 2000; Quintana et al., 2012; Rosales et al., 2014), parámetros que determinan la abundancia y supervivencia de vectores, tales como flebótomos.

En Argentina, pasada la década de los 80, el resurgimiento de la LC se ha registrado como epidémico, con brotes de ubicación geográfica restringida asociados a la deforestación y a las modificaciones antrópicas que suceden posteriormente a ésta, como son las condiciones de seguridad de los trabajadores expuestos, los asentamientos humanos y la urbanización (Sosa Estani et al., 2001; Salomón et al., 2001a - b, 2006, 2008; Sosa Estani y Salomón, 2002; Quintana et al., 2010; Casagrande, 2014).

Se generan así focos de circulación del parásito, que aumentan el contacto efectivo de los vectores con el ser humano, debido principalmente a especies adaptadas a ambientes modificados, como es el caso de *Ny. neivai* (Salomón et. al., 2002 a - b; Salomón et al., 2006; Salomón et al., 2008; Quintana et al., 2010; Cutolo et al., 2014).

Por tanto, los cambios ambientales, como las alteraciones ecológicas, modifican los patrones de la transmisión de enfermedades y pueden conducir a brotes y episodios de emergencia (Patz et al., 2000; Salomón et al., 2001 a-b; Foley et al., 2005).

La investigación de los mecanismos en relación a la dinámica de los vectores y su relación con su entorno, y los cambios antrópicos y/o naturales que se producen en el mismo, y vinculando la incidencia de enfermedades transmitidas por vectores, puede contribuir a la planificación de estrategias de vigilancia y control (Salomón et al., 2011a-c).

En el campo de la eco-epidemiología, el efecto de los cambios de uso y cobertura de la tierra, constituye un área nueva de gran interés y de uso creciente, como consecuencia de las evidencias sobre los efectos que las modificaciones del ambiente tienen en la salud humana. (Salomón et al., 2011c; Quintana et al., 2010; Quintana et al., 2012).

Los cambios que se producen en las condiciones climáticas a una escala global o regional tienen un profundo efecto sobre la vida del flebótomo y sobre el desarrollo de los parásitos de la leishmaniasis.

Todo lo anterior ha llevado a la posibilidad de implementar sistemas de control remoto y de información geográfica para intentar predecir la variación geográfica de las enfermedades, a partir por ejemplo de la dispersión y extensión de sus principales vectores, entre las que se encuentra la leishmaniasis.

## **1.5. Fundamentos de la teledetección**

El sensado remoto implica medir alguna propiedad de un objeto de interés desde la distancia. En este marco, la llegada de los satélites artificiales ha brindado la posibilidad de obtener información detallada de nuestro planeta mediante la cobertura de grandes extensiones de territorio y revisitas periódicas.

La teledetección se describe como la técnica de adquisición y posterior tratamiento de datos de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, en virtud

de la interacción electromagnética existente entre la tierra y el sensor, ya sea que la fuente de radiación provenga del sol (teledetección pasiva) o del propio sensor (teledetección activa) (Chuvienco, 1996; Ormeño, 2006; Hay, 2000). La radiación es emitida por una sustancia en función de su estructura y temperatura, en el caso de los sensores ópticos esta energía es emitida por el sol.

Green et al. (2002) define a la teledetección como el único medio viable de proveer información a escala regional de variables climáticas y ambientales a intervalos de frecuencia regulares y en tiempo real de extensas áreas geográficas.

La interacción electromagnética se da dentro de lo que llamamos espectro electromagnético, definido como un continuo de energía que abarca desde kilómetros a nanómetros en longitud de onda. Este continuo se divide comúnmente en rangos, llamados bandas espectrales. La Figura 1.2, representa las regiones espectrales más características del espectro electromagnético, según las propiedades ópticas (reflectividad), como por ejemplo, de plantas y el suelo.

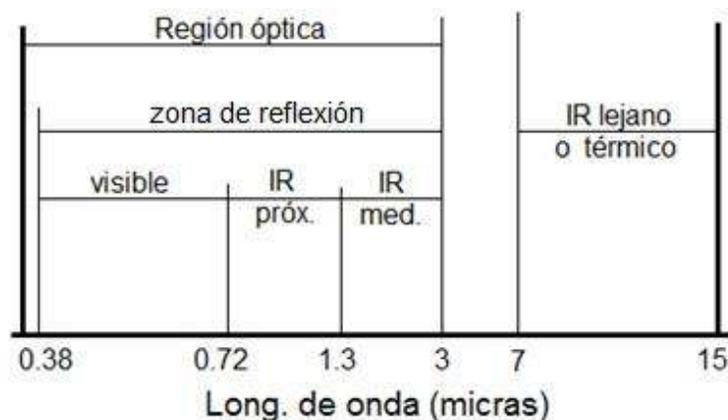


Fig. 1.2 – Esquema parcial del Espectro Electromagnético.

La observación de la reflectividad del suelo en el visible y en los infrarrojos próximo y medio es importante, debido a que éste intercepta gran parte de la radiación electromagnética procedente del sol, como también una parte de la radiación incidente sobre las cubiertas vegetales que penetra hasta llegar al suelo. Consecuentemente, el suelo influye en la reflectividad de cubiertas vegetales en mayor o menor medida dependiendo de la densidad de la cubierta y el estado vegetativo de la misma (Ormeño, 2006).

Tanto la humedad del suelo como su contenido de materia orgánica ejercen una gran influencia sobre la reflectividad. La mayor parte de los suelos aparecen más oscuros cuando están húmedos que cuando están secos. Esto es una consecuencia de la disminución de la reflectividad en la región visible del espectro. Mientras que la presencia y cantidad de materia orgánica en el suelo, en el intervalo de 0,4-2,5 micras, cuanto mayor es el contenido en MO, menor es la reflectividad del suelo (Ormeño, 2006).

Las características espectrales de los vegetales dependen, principalmente, de las propiedades ópticas de las hojas y del suelo subyacente, pero también pueden verse afectadas por las características de otras partes de las plantas, tales como las cortezas de los árboles, las flores, los frutos, etc. Todas las hojas vegetales presentan una curva de reflectividad cuya forma es muy parecida, la cual es característica en cada una de las tres regiones espectrales del visible, IR próximo e IR medio.

En el IR próximo, la reflectividad sólo varía cuando las hojas se secan y cambia su estructura interna. En el IR medio el aumento de reflectividad foliar está relacionado con su secado. A estos efectos, el contenido en agua ejerce, no sólo un efecto directo en el IR medio, sino también un efecto indirecto en la reflectividad del visible y del IR próximo debido a su efecto sobre la turgencia celular, por ello una disminución del contenido en agua produce un aumento de la reflectividad en el conjunto de espectro. A pesar de lo dicho, en condiciones naturales es necesario tener unas condiciones de sequía extrema para apreciarlos con claridad (Chuvieco, 2002; Ormeño, 2006).

Por lo tanto, la vegetación verde y vigorosa refleja mucha menos radiación en la banda visible roja (banda R) (0.6 a 0.7  $\mu\text{m}$ ), región de absorción de la clorofila, que en la banda del infrarrojo cercano (banda IR) (0.7 a 1.1 $\mu\text{m}$ ), región de alta reflectancia del componente celulósico. Cuando la vegetación sufre estrés, los valores de la banda R aumentan y los de la banda IR decrecen (Chuvieco, 1996).

En teledetección, diversos índices son utilizados para mejorar la discriminación entre elementos o cubiertas que presentan un comportamiento reflectivo muy distinto entre dos o más bandas (Chuvieco, 1996). De esta manera se pueden discriminar, por ejemplo, las condiciones del suelo, los tipos de vegetación y su estado.

Los índices son algoritmos que involucran dos o más bandas y si bien el número de índices disponibles es muy numeroso, la mayoría de los programas permiten el cálculo automático de los más conocidos. En este caso se plantea la utilización del NDVI, que en el caso del sensor Thematic Mapper de satélite Landsat 5, el rojo corresponde a la banda 3 y el infrarrojo a la banda 4.

El índice de diferencias de vegetación normalizado (NDVI) (Jensen, 1986) es el más utilizado en su tipo debido a su simplicidad de cálculo, su buena sensibilidad en la vegetación y su buen rango dinámico. El índice varía entre -1 y 1; los valores negativos indican ausencia de actividad fotosintética. La ecuación se aplica a cada píxel y se obtiene una imagen de NDVI de números digitales continuos.

$$\text{NDVI} = \frac{\text{Infrarrojo Cercano} - \text{Rojo}}{\text{Infrarrojo Cercano} + \text{Rojo}}$$

Para el sensor TM, del satélite Landsat 5:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{Banda 4} - \text{Banda 3}}{\text{Banda 4} + \text{Banda 3}}$$

Los índices de vegetación son el resultado de estas operaciones algebraicas entre las bandas, lo que permiten obtener una nueva imagen donde se destacan gráficamente determinados píxeles relacionados con parámetros de las coberturas vegetales.

Los estudios de vegetación son ampliamente abarcados en la disciplina de Percepción Remota permitiendo un monitoreo continuo del comportamiento y cambios que se llevan a cabo en la superficie de la Tierra. Sin embargo, relacionar las coberturas terrestres (por ejemplo, tipos de vegetación) identificadas desde imágenes satelitales, con los usos reales de la tierra en el campo, constituye uno de los mayores problemas del mapeo del uso de la tierra (Cihlar y Jansen, 2001).

## 1.6. Imágenes satelitales

Los sensores remotos se basan en la medición de radiación electromagnética emitida, radiada o reflejada específicamente por cada objeto en la superficie de la Tierra (Hay et al., 2000). En las últimas décadas se han convertido en una herramienta imprescindible en numerosos ámbitos de nuestra sociedad (Chuvienco, 1996).

Una imagen satelital es el producto obtenido por un sensor instalado a bordo de un satélite artificial a través de la captación de la radiación electromagnética emitida o reflejada por un cuerpo celeste; producto que posteriormente se transmite a estaciones terrestres para su visualización, procesamiento y análisis. Existen diferentes tipos de imágenes satelitales, dependiendo del tipo de sensor.

La información de la radiación solar reflejada o emitida por la superficie terrestre es capturada por el sensor y registrada en formato digital. Las imágenes se componen de una matriz regular o rejilla de celdas o píxeles. El valor numérico de cada píxel se define en función de la radiancia recibida por el sensor para esa porción de superficie, el cual se denomina nivel digital (ND). Una imagen se forma por determinadas bandas según la energía recibida en longitudes de onda específicas del espectro electromagnético.

Una disciplina relativamente nueva donde utilizan la información espacial provenientes de los sensores remotos y herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (GIS), llamada Epidemiología Panorámica, brinda una mejor comprensión del ambiente en el cual ocurren la transmisión de enfermedades infecciosas de importancia en la salud pública (Rodríguez Morales, 2005; Hay et al. 2000).

### 1.6.1. Sensores Remotos: Características de las Imágenes Landsat

Las imágenes Landsat están compuestas por 7 u 8 bandas espectrales, que fueron elegidas especialmente para el monitoreo de la vegetación, para aplicaciones geológicas y para el estudio de los recursos naturales. Además tienen una resolución espacial de 30 metros en las bandas del visible e infrarrojo medio y 120 metros en la banda del infrarrojo termal.

El sensor Thematic Mapper (TM), que se encuentra a bordo del satélite Landsat 5, tiene aproximadamente 16 días de revisita. La escena terrestre registrada por este sensor es también de 185 km.

En la Figura 1.3, se describe las características generales del sensor empleado en nuestro trabajo:

Plataforma Sensor	Resolución Espectral (µm)	Resolución Espacial (m)	Resolución Temporal (Días)	Resolución Radiométrica (Bits)	Área de Cobertura (km.)
Landsat-5 TM Thematic Mapper	B1: 0.45-0.52 (visible-azul)	30	16	8	185 x 170
	B2: 0.52-0.60 (visible-verde)	30			
	B3: 0.63-0.69 (visible-rojo)	30			
	B4: 0.76-0.90 (IR cercano)	30			
	B5: 1.55-1.75 (IR medio)	30			
	B6: 10.4-12.5 (IR térmico)	120			
	B7: 2.08-2.35 (IR medio)	30			

Figura 1.3- Sensor Landsat 5TM

## OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar la influencia de los cambios de las coberturas y uso del suelo en el comportamiento estacional de flebótomos y los casos humanos de leishmaniasis en tres departamentos de la provincia de Jujuy.

Para ello se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Analizar los datos epidemiológicos del periodo en estudio a partir de registros locales y nacionales.
- Identificar y cuantificar el cambio de cobertura y uso del suelo en el este de la Provincia de Jujuy en los distintos momentos epidémicos, mediante imágenes satelitales.
- Determinar si hay asociación entre la abundancia de vectores tomados como indicador de riesgo, la abundancia de casos y los cambios observados a partir de las variables ambientales.

## HIPOTESIS

En el presente trabajo se partió de la hipótesis que actividades como la deforestación, aún a pequeña escala, tienen implicancias en el aumento del riesgo de contraer LC.

- ✚ Disminución de las coberturas vegetales.
- ✚ Las proporciones de cada clase de cobertura en las diferentes escenas influyen en la abundancia de flebótomos.
- ✚ *Nyssomyia neivai* es la especie más abundante en la zona de estudio.
- ✚ El efecto borde es la métrica más representativa, desde una perspectiva biológica.

## Capítulo 2. CARACTERIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

El área de estudio seleccionada para esta investigación es la provincia de Jujuy, aunque las metodologías propuestas tienen carácter general y pueden ser aplicadas a otras áreas de características similares.

El área está comprendida dentro de la provincia fitogeográfica de las Yungas, éstas presentan en Argentina, una longitud de 600 Km en sentido Norte-Sur y menos de 100 Km de ancho, con clima subtropical con estación seca y un rango altitudinal entre los 400 y 3.000 m.s.n.m. (Cabrera 1971).

En los sectores pedemontanos las precipitaciones varían anualmente entre 1.000-1.500 mm, con un período seco de seis meses (junio-noviembre) con precipitaciones inferiores a 50 mm mensuales. De acuerdo a la distribución altitudinal, el pedemonte ocupa sectores entre los 400 y 700 m s.n.m. (Brown 2001), y también se lo denomina “selva de transición”, por ocupar áreas ecotonales con el bosque xerofítico chaqueño (Cabrera 1976).

Las características climáticas varían considerablemente en cortas distancias. Las causas de estos grandes contrastes climáticos se atribuyen fundamentalmente a la variada y cambiante topografía del área (Buitrago, 2002). Las temperaturas mínimas dependen en cambio de la irradiación terrestre nocturna, que se acentúa en invierno, debido a la mayor duración del período sin sol y al menor contenido de humedad en la atmósfera.

Los sitios seleccionados para el desarrollo de este trabajo se eligieron en base a datos previos existentes sobre la presencia de flebotomos en el lugar y antecedentes epidemiológicos (Quintana et al., 2013) (Tabla 2.1).

Tabla 2.1- Sitios de estudio de la provincia de Jujuy.

SITIOS	Coordenadas Geográficas		Ambiente	Departamento
1. Acheral	-24°24' 25.4"	-64°48' 59.2"	Peridomicilio	San Pedro
2. Acheral	-24°24' 13.6"	-64°47' 56.8"	Peridomicilio	San Pedro
3. Vinalito	-23°39' 48.1"	-64°26' 33.8"	Peridomicilio	Santa Bárbara
4. Vinalito	-23°39' 36.3"	-64°25' 12.3"	Peridomicilio	Santa Bárbara
5. El Aforo	-23°42' 41.1"	-64°32' 22.4"	Peridomicilio	Ledesma
6. Puesto Vialidad	-23°42' 15.3"	-64°32' 30.9"	Peridomicilio	Ledesma
7. Parque Calilegua	-23°45' 44.5"	-64°51' 04.6"	Natural	Ledesma
8. Parque Calilegua	-23°45' 31.6"	-64°50' 59.9"	Natural	Ledesma

Los sitios de muestreo de Phlebotominae, corresponden a los tres departamentos de mayor casuística del área endémica de la provincia de Jujuy para leishmaniasis cutánea: departamento San Pedro, Ledesma y Santa Bárbara (Ministerio de Salud de la Provincia de Jujuy, 2007) (Figura 2.1).

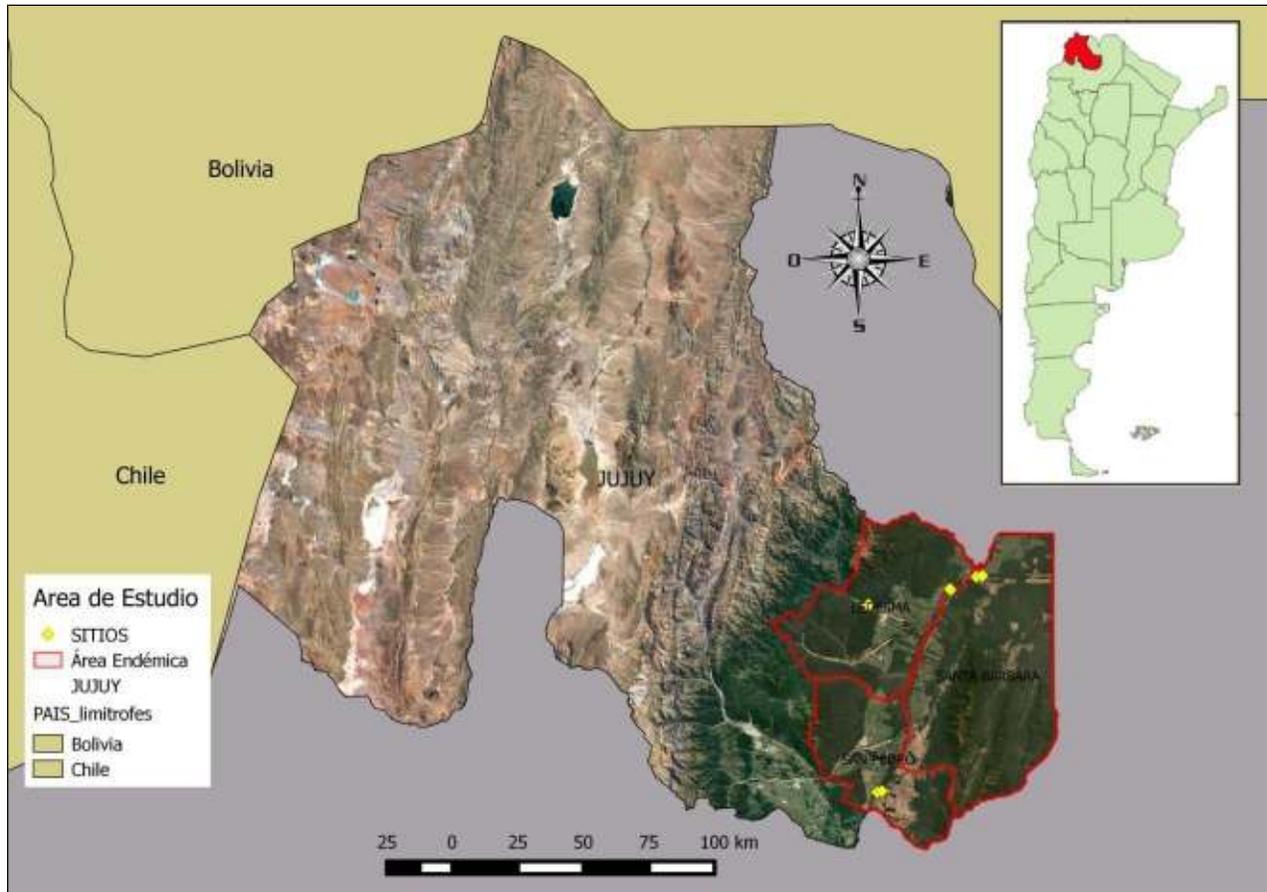


Figura 2.1- Zona Endémica de la Provincia de Jujuy.

En las figuras 2.2, 2.3, 2.4 y 2.5 se muestran fotografías de los sitios donde se realizó el relevamiento de campo y recolección de los datos entomológicos.



Figura 2.2- Sitios 1 y 2 ubicados en la localidad de Acheral, departamento San Pedro, Jujuy.

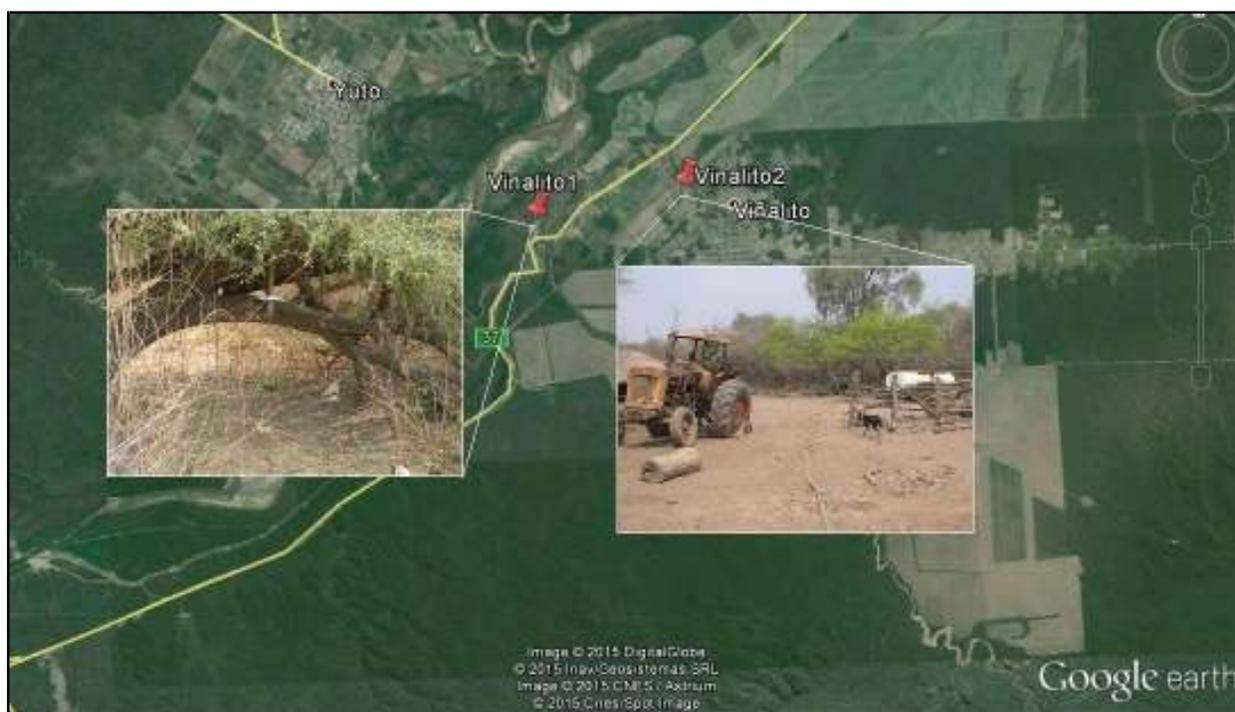


Figura 2.3- Sitios 3 y 4 ubicados en la localidad de Vinalito, departamento de Santa Bárbara, Jujuy.



Figura 2.4- Sitios 5 y 6 (Vialidad y El Aforo) ubicados en la ruta provincial 1 cercanos al puente del río San Francisco, departamento de Ledesma, Jujuy.



Figura 2.5- Sitios 7 y 8 ubicados en la zona pedemontana del Parque Nacional Calilegua, departamento de Ledesma, Jujuy.

A excepción de los sitios ubicados en el área conservada del Parque Nacional Calilegua como puntos de control, los dobletes de los sitios de captura fueron homogéneos,

constituyendo peridomicilios con animales cercanos (gallinas, cerdos, perros) seleccionados según criterio de "peor escenario", es una definición operativa que considera el área con mayor probabilidad de encontrar flebótomos por sus condiciones de hábitat. Los sitios de "peores escenarios" se caracterizan por presentar una o más de las siguientes condiciones: presencia de sombra vegetal, tierra húmeda, detritos orgánicos, proximidad a parches de vegetación densa, densidad, calidad y accesibilidad de oferta de fuentes de ingesta sanguínea, no interferencia de luces externas (Feliciangeli et al. 2006; Correa Antonialli et al. 2007).

Algunas de las especies arbóreas más representativas que coexisten en el ecotono entre las provincias fitogeográficas de las Yungas y Chaqueña (Cabrera, 1976) son: *Calycophyllum multiflorum* (Palo blanco), *Phyllostylon rhamnoides* (Palo amarillo), *Acacia ferox* (Espinillo), *A. aroma* (Tusca), *Prosopis nigra* (Algarrobo negro), *Tabebuia impetiginosa* (Lapacho rosado), *Geoffroea decorticans* (Chañar), *Tipuana tipu* (Tipa), *Parapiptadenia excelsa* (Horco-cebil), *Schinopsis lorentzii* (Quebracho colorado), *Aspidosperma quebracho-blanco* (Quebracho blanco), *Caesalpinia paraguariensis* (Guayacán), *Celtis tala* (Tala), *Anadenanthera colubrina* (Cebil) (Cabrera, 1976; Braun Wilke, 2000; Brown 2001).

### **Capítulo 3. NIVELES EPIDEMICOS DE TRANSMISION DE LEISHMANIASIS CUTANEA EN JUJUY.**

El presente capítulo aborda el análisis de los datos epidemiológicos del periodo en estudio a partir de registros locales y nacionales.

#### **3.1. Introducción**

La Organización Mundial de la Salud (OMS), en la matriz de énfasis estratégico del programa de investigación en enfermedades tropicales, ha clasificado la leishmaniasis como una enfermedad emergente y sin control. Con respecto a la investigación, recomiendan profundizar los conocimientos sobre la epidemiología de la enfermedad, en sus tres formas clínicas. Según los informes de la OMS, la enfermedad es endémica en 98 países, estimándose una incidencia mundial anual de 2 millones de casos nuevos, de los cuales 1,5 millones de LC y 500.000 de LV. Afecta principalmente a la población más pobre del planeta, principalmente perteneciente a países en vías de desarrollo (WHO, 2002).

En Argentina, los primeros casos autóctonos de leishmaniasis cutánea registrados datan de 1916 (Bernasconi, 1928; Cedillos & Walton, 1988; Villalonga, 1963). La transmisión a nivel país, como se dijo en la introducción general tuvo características endémicas en nueve provincias del norte argentino, con un promedio de 43 casos anuales notificados (Bernasconi, 1930; Cedillos & Walton, 1988).

La LC ha experimentado en Argentina, desde la década de los 80', un incremento de casos totales, de la frecuencia, intensidad y distribución de brotes epidémicos, y de la incidencia relativa en hombres, mujeres y niños (Salomón et al., 2006).

La distribución geográfica de los episodios epidémicos incorporó sucesivamente al primer brote registrado, las ecoregiones de transmisión histórica de Este a Oeste (Salomón et al., 2008; Salomón et al., 2011a; Quintana et al., 2012), registrándose otros brotes en Jujuy y Tucumán a lo largo del pedemonte de Yungas, que a su vez fueron concurrentes con la distribución y dominancia de *Ny. neivai* en la emergencia del patrón epidémico (Salomón et al., 2008).

La leishmaniasis al ser una enfermedad de notificación obligatoria en la Argentina, la misma se efectúa a través del Sistema Nacional de Vigilancia de la Salud (SNVS), dependiente del Ministerio de Salud de la Nación. Además, crea el Sistema Nacional Módulo de Vigilancia Epidemiológica (módulo C2) por Laboratorio de Argentina (SIVILA), como un actor fundamental en la vigilancia y el alerta temprano ante distintos eventos relacionados al campo de la salud y/o epidemiológico. En el presente trabajo, se proporcionó información de los casos registrados de leishmaniasis en el país desde el año 2005 al 2015 (Julio Adrián Tapia, Área de Vigilancia de la Salud-MSN).

Además de contar con información a nivel nacional, el Director Provincial de Programas Sanitarios de la provincia de Jujuy, Dr. Carlos Ripoll, contribuyó con información sobre el número de casos registrados en la provincia, diferenciados por departamento e indicando específicamente el lugar probable de infección, desde el año 1986 al 2015.

En el trabajo de tesis realizado por la Mg. Casagrande (2014), quedó demostrado los aportes de las distintas localidades de cada departamento que conforman la provincia de Jujuy, siendo la localidad de Vinalito la que tuvo mayor aporte de casos notificados en el departamento de Santa Bárbara en el período 1986-2012. Al observar que otros departamentos

presentaron mayor o similar casuística de LC, se incorporaron en el presente trabajo los departamentos de Ledesma y San Pedro para estudiar la presencia de algún patrón más regional.

## **3.2. Materiales y Métodos**

### **3.2.1. Casos Notificados**

Se realizó la limpieza y validación de datos epidemiológicos de las tablas del modulo C2 y SIVILA a nivel nación, para tener una visión a mayor escala de la epidemiología de ésta enfermedad. Posteriormente se extrajeron los casos notificados de LC en la provincia de Jujuy para cotejarlos con los casos notificados y registrados en la base de datos del Dr. Ripoll, para finalmente completar y garantizar la buena calidad de los mismos.

Los casos duplicados o errores de carga del sistema fueron consultados con las autoridades correspondientes.

## **3.3. Resultados**

La información aportada es utilizada para la comprensión de la situación epidemiológica, lo que posibilita el seguimiento de los casos que requieren el registro en el tiempo para el diagnóstico, control y prevención.

A partir de la tabla generada se realizaron los siguientes análisis:

### **3.3.1. Casos por año en Argentina**

La región del Norte Grande Argentino presentó el mayor número de casos notificados en el país. A continuación se muestra el porcentaje de casos en Argentina por provincia, en el período 2005-2015 (Figura 3.1).

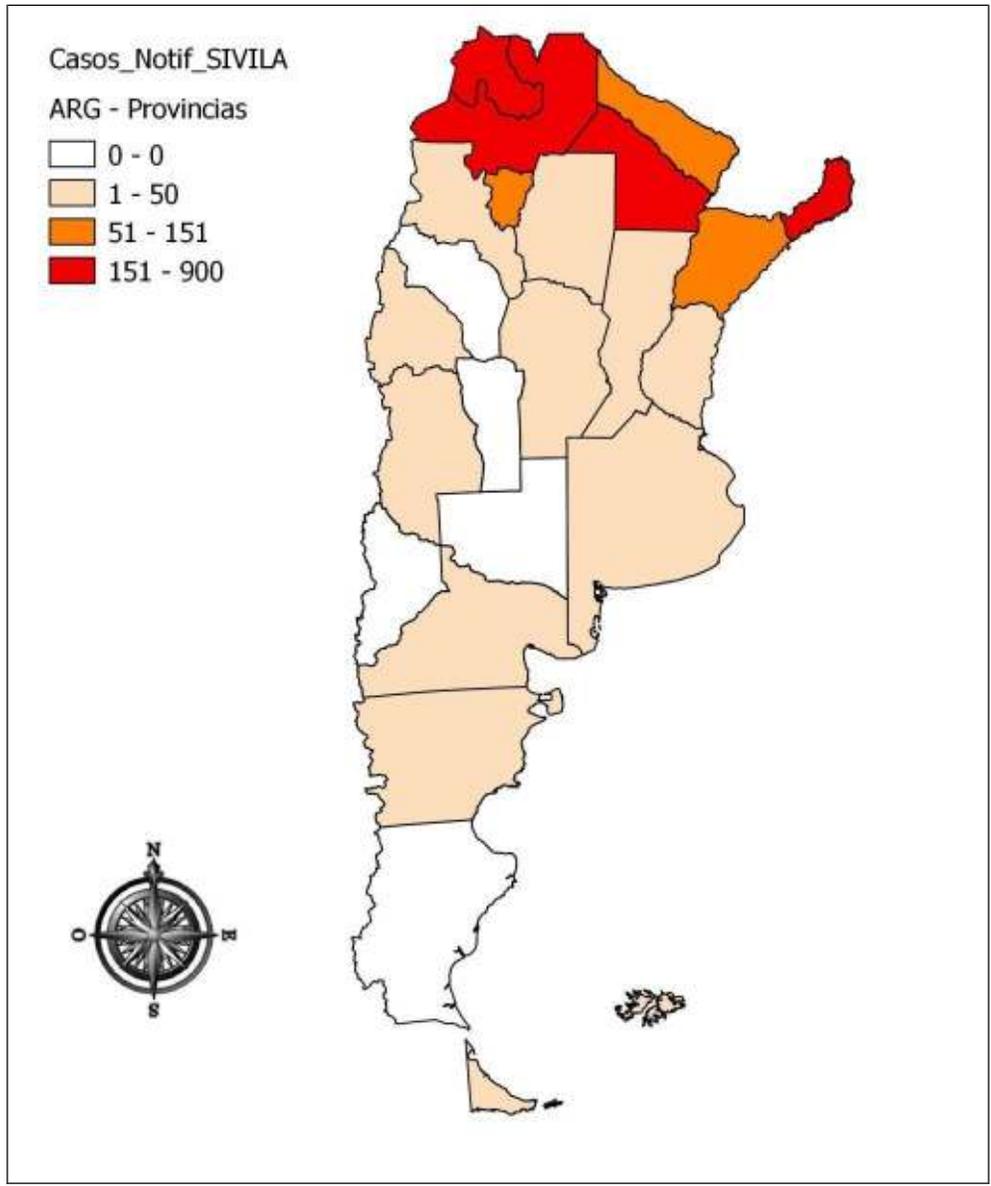


Fig. 3.1- Número de casos notificados de Leishmaniasis para Argentina (n= 1986), por provincia, en el periodo 2005-2015. Datos aportados por módulo C2 y SIVILA.

En 10 años, se registraron 1986 casos de leishmaniasis en el país. Durante este período, las provincias que notificaron mayor número de casos fueron Salta, Chaco, Misiones, Tucumán y Jujuy (Figura 3.2).

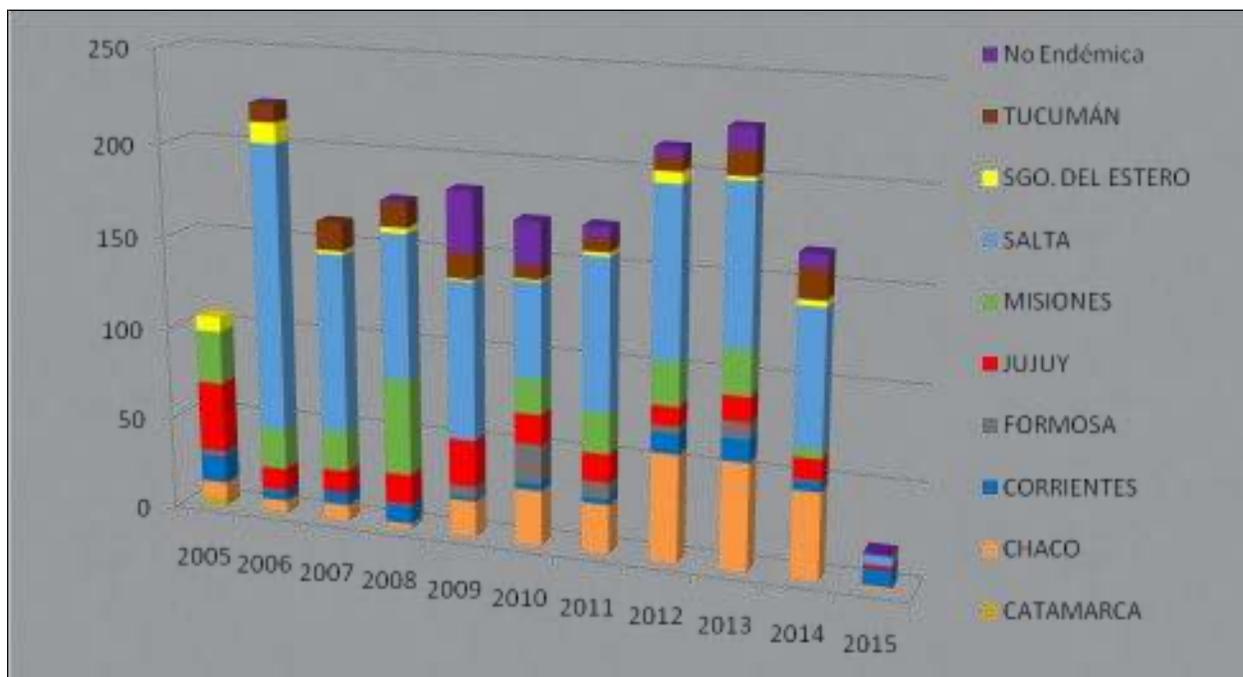


Fig. 3.2 – Número de casos de leishmaniasis en Argentina, por provincia, según año de ocurrencia, desde 2005 hasta Febrero de 2015 (modulo C2, SIVILA, Ripoll).

### 3.3.2. Casos por año en la provincia de Jujuy

La provincia de Jujuy dispone de antecedentes pioneros en el estudio de la leishmaniasis. Los casos notificados en la provincia de Jujuy, entre 1985 a Abril de 2015, suman 546 casos, lo que corresponde el 27% de los casos en Argentina.

Los ciclos de transmisión aumentaron cada cuatro a cinco años y presentaron dos momentos epidémicos de importancia: 1986 a 1990 y 2002 a 2005 (Ripoll, 2012) (Figura 3.4).

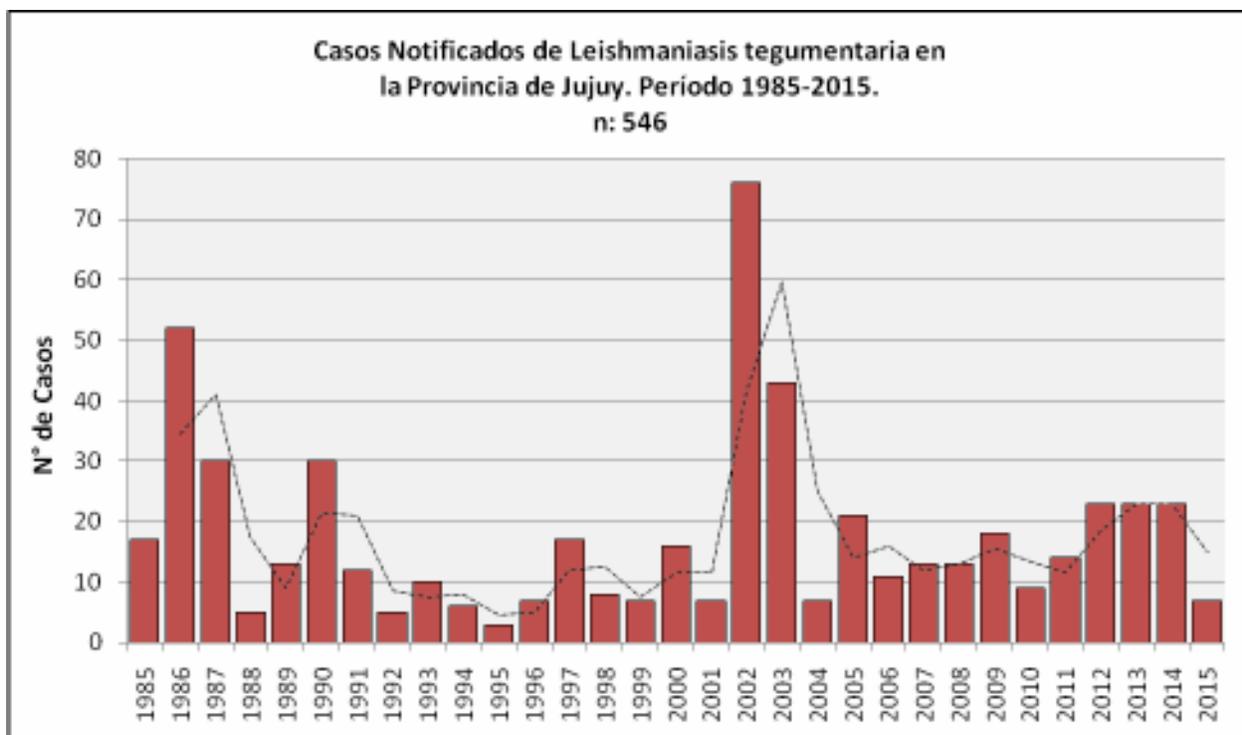


Fig. 3.4 - Casos de LC notificados por año (1985-2015) en la Provincia de Jujuy (Dr. Ripoll).

### 3.3.3. Casos por Departamento en la provincia de Jujuy

Los datos registrados en los departamentos que componen la región de Valles y El Ramal, muestran que Ledesma es el principal proveedor de casos autóctonos de leishmaniasis (33.3%), seguido por los departamentos de Santa Bárbara (26.7%) y San Pedro (25.5%) (Figura 3.5).



### 3.3.4. Número de casos según grupo etario diferenciado por sexo

De los 546 casos confirmados se observa que existen diferencias significativas entre los grupos etarios y el sexo ( $X^2 = 69.29$ ,  $p=0.0001$ ), con una mayor afectación de la enfermedad en pacientes de sexo masculino (80%). La relación mujer/hombre fue de 0.26.

En cuanto a los grupos etarios, los hombres de 49 a 56 años de edad resultaron ser el grupo más afectado registrando 74 casos, seguido por el grupo etario de los 33 a 40 años con 63 casos.

El grupo etario femenino de 9 a 16 años presentaron mayor número de casos, seguido por el grupo de 25 a 32 años, con 33 y 22 casos de LC respectivamente (Figura 3.6).

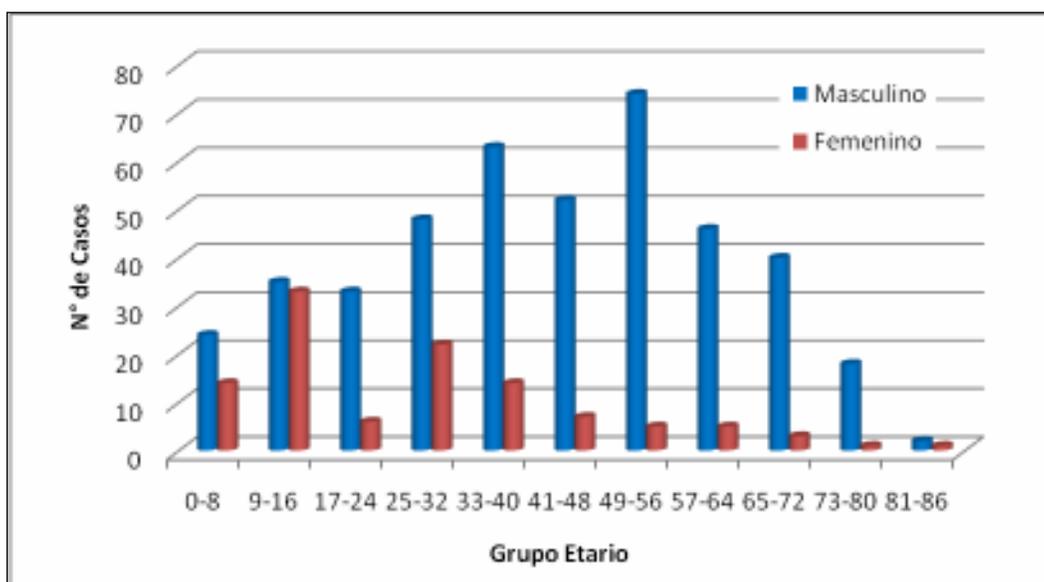


Fig. 3.6 – Número de casos acumulados de LC en la provincia de Jujuy, agrupados por edad y sexo. (1985-Abril de 2015) (Dr. Ripoll).

### 3.3.5. Casos por semanas epidemiológicas

El calendario epidemiológico, es un instrumento de estandarización de la variable tiempo para los fines de la vigilancia epidemiológica. En la provincia de Jujuy, la distribución de los casos en las semanas epidemiológicas, muestra una clara tendencia de agrupamiento de los casos entre las semanas epidemiológicas 29-49. La semana que presentó mayor número de casos fue la N°35, con 23 casos (Figura 3.7).

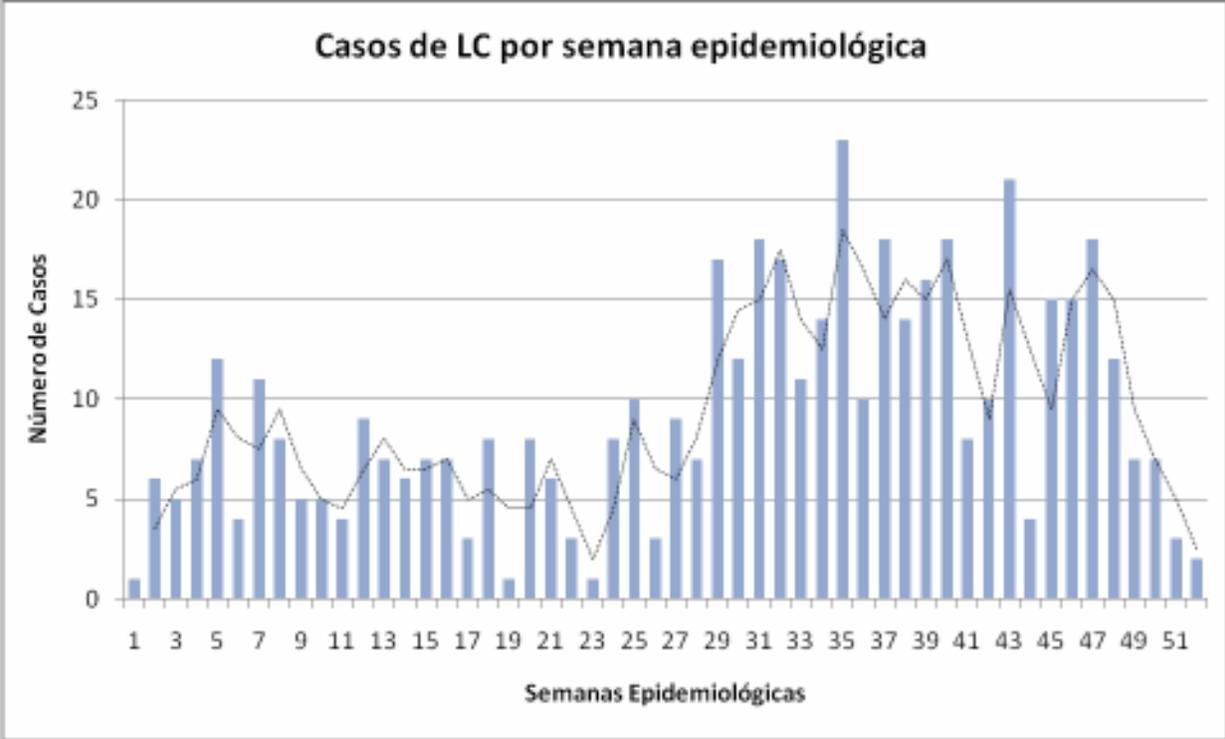


Fig. 3.7 – Cantidad de casos totales de LC por semana epidemiológica en la provincia de Jujuy (Dr. Ripoll).

**3.3.6. Incidencia**

La tasa de incidencia de la leishmaniasis en la Provincia de Jujuy, para el periodo 1985-Abril de 2015, fue de 8.11 por cada 10.000 habitantes. Los departamentos que presentaron mayor incidencia fueron el de Santa Bárbara (82.35), Ledesma (22.25), San Pedro (18.52) y Valle Grande (12.24) (Figura 3.8).

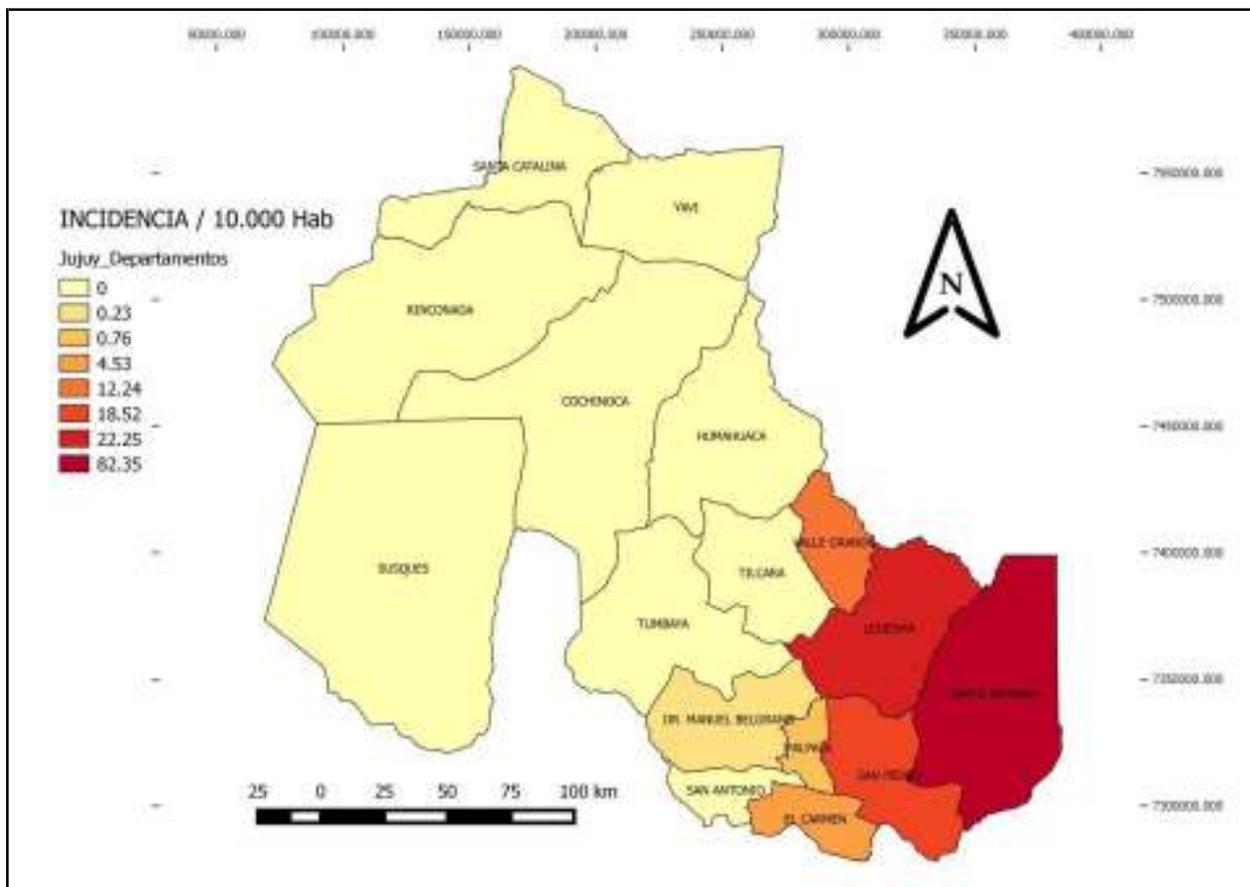


Fig. 3.8 – Incidencia de Leishmaniasis en Departamentos de la Provincia de Jujuy, periodo 1985-2015, por cada 10.000 habitantes (Dr. Ripoll).

### 3.3.7. Brote año 2002

Por lo observado en la Figura 3.4, el año 2002 presentó un incremento de casos de LC. De los 76 casos registrados durante este año, el 59% corresponde al departamento de Ledesma (Figura 3.9).

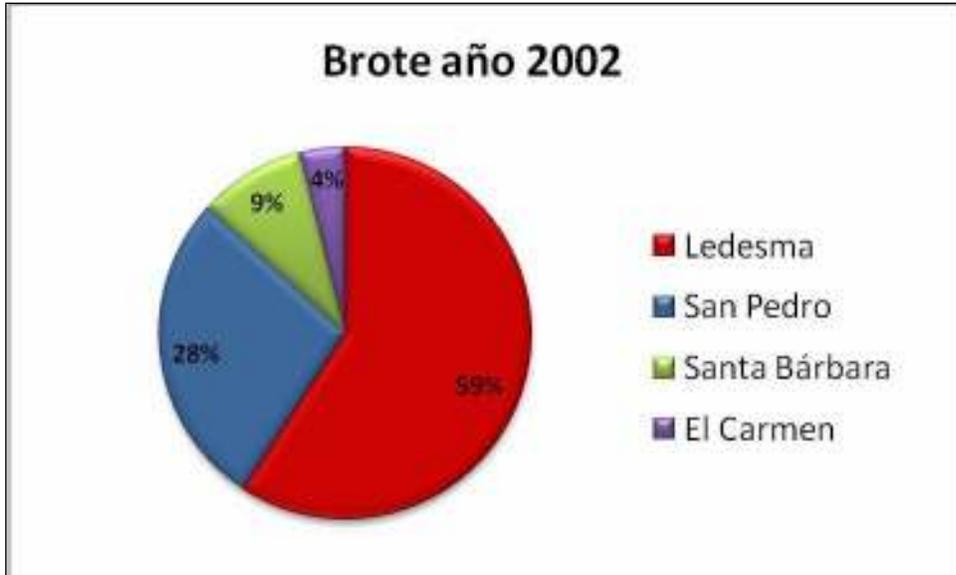


Fig.3.9- Brote en el año 2002. Casos (%) en los departamentos de mayor casuística.

Discriminando por sexo a los valores expuestos anteriormente, los números de casos entre mujeres y hombres son equivalentes entre sí, excepto en el departamento de Ledesma (Figura 3.10). En Ledesma, no hay patrón de ocupación en mujeres, mientras que en hombre sí, en su mayoría jornaleros, algunos pescadores o cazadores.

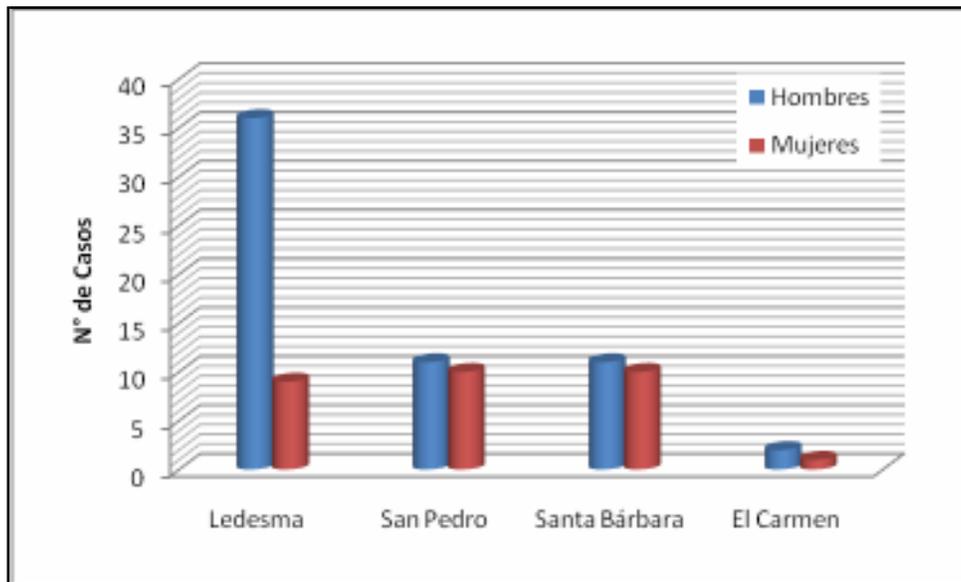


Fig. 3.10- Número de casos por Departamento diferenciados por sexo.

En los departamentos de San Pedro, Santa Bárbara y El Carmen, no presenta patrón de ocupación el sexo femenino, mientras que para el sexo masculino si hay un patrón de ocupación relacionado a distintas actividades inherente al género.

En el año 2002 en la provincia de Jujuy, presentó mayor número de casos en las semanas epidemiológicas N°40 y N°43, con 10 casos y 12 respectivamente (Figura 3.11).

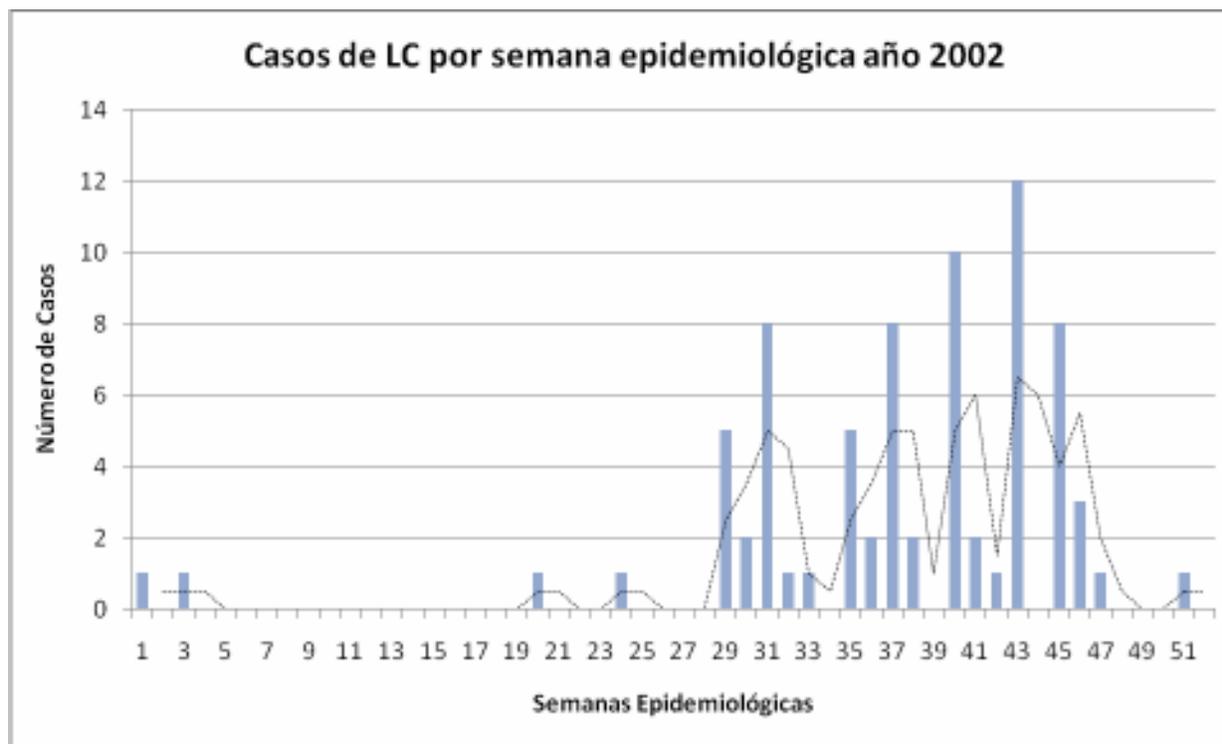


Fig. 3.11- Casos de LC por semana epidemiológica en el año 2002.

### 3.4. Discusión

El número de pacientes con leishmaniasis a nivel mundial está aumentando, debido principalmente a los cambios del medio ambiente generados por el hombre, lo que incrementa la exposición humana al vector; es así que se calcula que existen 350 millones de personas expuestas al riesgo de infección.

En Argentina, los casos humanos han experimentado un incremento en la década del 80' debido a la conjunción de factores antrópicos, biológicos y climáticos (Salomón et al., 2008; Quintana et al., 2010; Salomón et al., 2011a - b), luego de los brotes de 2002-2003 a nivel país se observa una disminución del canal endémico también a nivel provincial con unos 17 casos promedio anuales en la provincia de Jujuy.

El número de casos notificados de leishmaniasis en el periodo 1985-2015 permite jerarquizar las áreas de riesgo, siendo el este de la Provincia de Jujuy el área endémica de LC, ocupando el 22% del territorio provincial. El departamento de Ledesma presenta el mayor riesgo de contraer la enfermedad, quizás por presentar áreas con mayor modificación en cuanto a la ecología de su paisaje y actividades antrópicas (uso del suelo).

En relación a las diferencias encontradas entre los grupos etáreos y según el sexo, en la provincia de Jujuy el ciclo de transmisión sigue siendo principalmente selvático donde el grupo más afectado son principalmente los hombres pertenecientes a dos categorías de edad asociadas a factores principalmente ocupacionales y en algunos casos a la caza y pesca. En

menor medida se presenta un ciclo selvático con transmisión peridoméstica por contigüidad a parches de vegetación residual (Salomón et al., 2006).

Cuando se agruparon los eventos de notificación obligatoria se observó que la semana epidemiológica N°35 presentó el mayor número de casos notificados, correspondientes a los meses de Agosto-Septiembre, fecha esperada de los picos de notificación, lo que no implica que se corresponda con el momento de mayor transmisión, que, según el tiempo de evolución de las lesiones se puede aproximar dicho momento que suele remitirse hacia fines del verano y otoño, lo cual se representó y se pudo observar en la base de datos.

Si bien la dinámica y patrones de los registros de casos de leishmaniasis se usan en análisis para predicción, no es lo más adecuado debido al inconveniente en la anamnesis con la fecha probable de infección más cercana a la realidad, pero en los últimos años en algunas zonas se estableció como una pregunta en la encuesta epidemiológica para un mejor tratamiento de los datos. Las condiciones que pueden aumentar la incidencia de la leishmaniasis, están asociadas a distintas variables que pueden ser ambientales, sociales y entomológicas, muchas de ellas consideradas como subrogantes de riesgo, algunas de ellas pueden ser: la abundancia de vectores en un área geográfica, modificaciones del paisaje naturales o antrópicos y hasta comportamentales en relación a las actividades del hombre en los sitios de mayor riesgo (Salomón et al., 2015, 2016).

El conocimiento de la distribución espacial y temporal de agentes etiológicos, de los vectores y el seguimiento de casos en el tiempo, es imperante para garantizar la detección de los nuevos casos de leishmaniasis en áreas de riesgo ya conocidas o potenciales. Actualmente nos encontramos en un periodo interepidémico, es este el momento donde la posibilidad de planificar estrategias de control y vigilancia es fundamental para predecir y prepararse para mitigar la transmisión. Esta información debe alertar a los responsables sanitarios y ambientales para implementar rápidamente, programas de prevención y control adaptados a las características de la transmisión en cada sitio de riesgo.

## **Capítulo 4. CAMBIO DE COBERTURA Y USO DE SUELO A PARTIR DE INFORMACION DE SENSORES REMOTOS**

El presente capítulo presenta la metodología para el análisis de cambios de las cubiertas del suelo de áreas heterogéneas, a partir de datos multiespectrales de Landsat-5 TM. En el este de la Provincia de Jujuy (área endémica de la LC), se identificó y cuantificó el cambio de cobertura y uso del suelo en los distintos momentos epidémicos estudiados en el objetivo anterior. Además se realizó la caracterización de la variabilidad espacial en estas imágenes, a través de medidas texturales, que proporcionan información importante sobre la disposición de los objetos y sus relaciones espaciales dentro de la imagen.

### **4.1. Introducción**

#### **4.1.1. Teledetección: pre-procesamiento**

El pre procesamiento de las imágenes, consiste en hacer las correcciones de las imágenes, con el fin de eliminar cualquier anomalía detectada en ellas, ya sea en su localización o radiometría de los píxeles que la componen.

Las correcciones radiométricas buscan mejorar la precisión de las medidas de reflectancia, eliminando ruidos en los ND (niveles digitales) de la imagen, compensando las diferencias en los valores de radiancia y la conversión de los ND a valores de radiancia y reflectancia, utilizando modelos de atmósfera y las geometrías de iluminación/observación (APN, 2005).

Para que pueda producirse una observación remota de la superficie terrestre es preciso que el sensor detecte un flujo energético proveniente de esta. Este flujo tiene una intensidad determinada, proveniente de, o dirigida a, una unidad de superficie y con una dirección concreta, así, la radiancia se considera como el total de energía radiada en una determinada dirección por unidad de área y por ángulo sólido de medida. Es un término fundamental en teledetección, ya que describe precisamente lo que mide el sensor, se cuantifica en vatios por metro cuadrado y estéreo-radián ( $W/m^2 sr^{-1}$ ) (Chuvienco, 2002).

De esta manera, la conversión de los ND almacenados en una imagen cruda a variables físicas es un paso previo que resulta de gran utilidad en múltiples fases de la interpretación de imágenes, ya que permite trabajar con variables físicas de significado estándar, comparables en un mismo sensor a lo largo del tiempo, entre distintos sensores y entre la teledetección espacial y otros métodos de detección de energía electromagnética.

El paso final de la corrección radiométrica es el cálculo de las reflectividades, de cara a la identificación de objetos y procesos en la superficie terrestre, lo que nos interesa es la reflectividad (relación entre el flujo incidente y el que refleja una superficie) de estos objetos respecto a las diferentes longitudes de onda. Cada tipo de material, suelo, vegetación, agua, entre otros, reflejará la radiación incidente de forma diferente lo que permitirá distinguirlo de los demás si medimos la radiación reflejada. A partir de medidas de laboratorio se ha obtenido la reflectividad para las distintas cubiertas en diferentes longitudes de onda. El gráfico que, para cada longitud de onda, nos da la reflectividad se denomina firma espectral y constituye una marca de identidad de los objetos. Resulta así fácil por ejemplo distinguir entre suelo y vegetación, e incluso entre diferentes tipos de suelo o diferentes tipos de vegetación.

La vegetación tiene una reflectividad baja en el visible aunque con un pico en el color verde, la clorofila absorbe el rojo y el azul reflejando más en el verde. La reflectividad es muy alta en el infrarrojo reflejado o próximo debido a la escasa absorción de energía por parte de las plantas en esta banda. En el infrarrojo medio hay una disminución especialmente importante en aquellas longitudes de onda en las que el agua contenida en la planta absorbe la energía.

Los procedimientos para abordar las correcciones atmosféricas con exactitud son muy laboriosos y requieren datos sobre las condiciones de la atmósfera en el momento de tomar la imagen, que no suelen estar disponibles. Además, el efecto de la atmósfera no es constante en la imagen, algunas zonas pueden estar afectadas más que otras, en función de la diversa presencia de aerosoles o vapor de agua (Chuvieco, 2002).

El objetivo general de las correcciones atmosféricas es convertir los valores obtenidos por el sensor remoto en valores de reflectancia en superficie, que es la magnitud física de interés. Estos valores son necesarios cuando se utilizan datos satelitales para el análisis cuantitativo de las propiedades biofísicas de los elementos de la superficie terrestre, identificar y evaluar los procesos que en ella ocurren mediante la comparación de diferentes escenas en estudios temporales (APN, 2005) y cuando se deriven índices a partir de bandas ubicadas en diferentes regiones del espectro electromagnético.

#### **4.1.2. Teledetección: Índices**

Dentro de la amplia variedad de información derivada de sensores remotos satelitales, existen índices relevantes para la cadena epidemiológica que, generalmente no son otra cosa que transformaciones de las imágenes realizadas a través algoritmos de bandas y que se aproximan en gran medida a las variables meteorológicas medidas -in situ (Hay et al., 1998; Hay et al., 2000; Rotela, 2013 ).

Los índices de vegetación son los más utilizados en epidemiología. Éstos índices son combinaciones de las bandas espectrales registradas por los satélites, cuya función es realzar la vegetación en función de su respuesta espectral y atenuar los detalles de otros elementos como el suelo y la iluminación por ejemplo.

Por lo expuesto en el capítulo 1, una masa vegetal en óptimas condiciones, es decir en buen estado sanitario, posee una firma espectral que se caracteriza por un claro contraste entre la banda que corresponde al rojo (0.6 a 0.7 $\mu$ m) y el infrarrojo cercano (0.7 a 1.1 $\mu$ m).

Una manera de interpretar esto viene dado por la respuesta espectral de la vegetación, especialmente por el contraste de la banda roja, del espectro visible, y el Infrarrojo Cercano (IC). En el visible los pigmentos de la hoja absorben la mayor parte de la energía que reciben, mientras que en el IC, las paredes de las células de las hojas, que se encuentran llenas de agua, reflejan la mayor cantidad de energía.

En Epidemiología, el índice NDVI ha sido ampliamente utilizado para realizar modelos espaciales y temporales a fin de determinar los hábitats favorables para el desarrollo del vector y lograr predecir la aparición de casos (Hay et al., 1998).

Existen diversos estudios que señalan la influencia que presentan algunas variables meteorológicas en el comportamiento de los flebotomos, y por lo tanto en los eventos epidémicos. Si bien no hay una relación directa causal entre el NDVI y las variables ambientales, ambos factores responden de manera similar, en dirección y magnitud, a cambios

en las condiciones meteorológicas (Hay et al., 1998) y puede ser utilizado como una aproximación a factores climáticos y ambientales (Gaudart et al., 2009).

#### **4.1.3. Sensores aplicados a la salud**

A partir del uso de imágenes obtenidas mediante sensores remotos para la caracterización de usos de la tierra y la identificación de cuerpos de agua, se han podido obtener mejores resultados en cuanto al monitoreo y el potencial control de numerosos vectores (Hay et al., 2000).

En el campo de la eco-epidemiología, los sensores remotos nos permiten conocer o reconstruir y detectar los cambios en las condiciones ambientales, y que a su vez conociendo la biología del vector, por ejemplo, su ciclo de vida, nos permiten inferir sobre los patrones y variables ambientales que favorecen la proliferación de los vectores y reservorios de la enfermedad (Kalluri et al., 2007; Machault et al., 2011; Neteler & Metz, 2014).

En eco-epidemiología es necesario definir previamente la escala de análisis. Dentro de las tres posibles escalas espaciales (micro-escala, meso y macro-escala) definidas por Salomón y Quintana (2011), para el estudio de la abundancia del vector y de casos en seres humanos de Leishmaniasis en Argentina, es que en el presente trabajo se definió la segunda escala, referida a los efectos de la deforestación y la urbanización a nivel de los focos (localidad) donde se puede encontrar una estructura metapoblacional en los vectores o fenómenos relacionados con el brote (Salomón et al., 2006, 2011a-b).

#### **4.1.4. Cambio de cobertura y uso del suelo**

En todo momento en nuestro entorno estamos observando cambios, ya sea por una acción planeada y estructurada, como por ejemplo, construcción de carreteras, crecimiento de ciudades, o bien, por sucesos naturales o eventos no planeados, por ejemplo, desastres naturales. Por ello, resulta de gran interés conocer la distribución espacial y temporal de las diferentes coberturas de suelo con el fin de evaluar las condiciones ambientales en las que se presentan los cambios.

Para identificar o cuantificar estos cambios y sus consideraciones se requiere la aplicación de herramientas y/o técnicas que permitan monitorear y evaluar correctamente su evolución a lo largo del tiempo.

Si bien la cobertura terrestre y el uso de la tierra están relacionados, no son lo mismo. Se entiende por uso de suelo a las actividades humanas que se desarrollan sobre un territorio (Turner et al., 1995), mientras que cobertura del terreno se refiere a todos los diferentes componentes que cubren la superficie de un territorio (Jansen y di Gregorio, 2002).

Los usos de la tierra pueden variar rápida o lentamente, en ocasiones por motivos obvios (expansión agrícola, extracción de madera, extensión de infraestructuras, entre otros) y en ocasiones debido a fuerzas ocultas (económicas, políticas, demográficas) (Geist y Lambin, 2002).

El cambio en el uso de la tierra pocas veces es un evento único, independiente y rápido, tal como: de bosque natural a producción agrícola. Normalmente las tierras sufren una serie de cambios interrelacionados durante muchos años. Es así que, en una escala temporal de décadas, las actividades humanas que impactan el uso de suelo son el factor principal en la forma que adoptan los cambios del paisaje (Vergés et al., 2009).

La región noroeste de la República Argentina (NOA), abarcando las provincias de Catamarca, Jujuy, Salta, Santiago del Estero y Tucumán, con aproximadamente 47 millones de ha., ha registrado las mayores transformaciones del paisaje en los últimos 30 años (Volante et al., 2012) y se corresponde en gran medida con el Chaco Subhúmedo Occidental, Chaco Seco y Pedemonte de Yungas (Rabaglio, 2012).

Para el estudio de estas transformaciones del paisaje, es decir, los cambios de superficie de terreno y cambios temporales en la cubierta de vegetación, se requieren imágenes de sensores de alta o media resolución espacial. Por tal motivo en el presente capítulo se emplean imágenes provenientes del satélite Landsat 5TM por ser el primer satélite en incorporar el sensor Thematic Mapper, diseñado para mantener un mayor grado de estabilidad y mejorar la calidad geométrica en las imágenes capturadas.

Los algoritmos utilizados en las imágenes para distinguir diferentes usos o coberturas, son llamados de manera general “clasificadores”. A partir de los cálculos de la media y la desviación típica de cada una de las clases, se puede utilizar algún modelo de distribución de probabilidad, para la adjudicación de cada pixel a una clase. El clasificador de máxima verosimilitud (o máxima probabilidad) asume que los datos siguen una función de distribución normal para asignar la probabilidad de que un pixel cualquiera pertenezca a cada una de las clases. El pixel se asigna de este modo a la clase a la que es más probable que pertenezca.

## **4.2. Materiales y Métodos**

En líneas generales el procedimiento realizado para este capítulo incluye cuatro pasos básicos:

- Pre-procesamiento: (que las imágenes para cada fecha utilicen el mismo sistema de clasificación y que las imágenes sean coherentes en relación con el área cubierta, la estación y el sensor (resolución espacial y espectral).
- Clasificación: es un proceso que asigna a cada píxel de la imagen original una etiqueta correspondiente a una de las clases que predefinimos con anterioridad, que por semejanza de características de los píxeles de la imagen a clasificar, se agrupan automáticamente en el proceso. Cada clase contiene el código de uso de la tierra para las fechas en el análisis de los cambios en el uso de la tierra.
- Post-clasificación: Se utilizó el software ENVI 5.1 para el procesamiento de las imágenes para superponer mapas de uso de la tierra de dos fechas diferentes. El proceso de superposición genera una nueva tabla– denominada una tabla de atributos – donde cada polígono o píxel en el mapa contiene el uso de la tierra registrado en la primera y en la segunda fecha.
- Creación de la matriz de cambios en el uso de la tierra: La información de la tabla de atributos de los cambios en el uso de la tierra es un elemento para desarrollar una matriz de cambios en la cobertura terrestre. Los valores de la unidad de superficie se sintetizan para cada combinación de cambio en el uso de la tierra.

### **4.2.1. Imágenes satelitales utilizadas**

A partir de los resultados y antecedentes analizados en el capítulo anterior, se seleccionaron tres imágenes, por cada escena, una imagen previa (1998) y una posterior

(2006) al año del brote (2002), con la finalidad de comparar los momentos inter-epidémicos en relación al año 2002.

Del área de estudio conformada por las dos escenas Landsat (Path 231/Row 077 y Path 231/Row 076), se delimitaron en cada una de las escenas las regiones endémicas de LC (Figura 4.1), correspondientes a los años 1998, 2002 y 2006. Estas regiones (recortes) tienen iguales dimensiones, y no presentan área superpuestas.

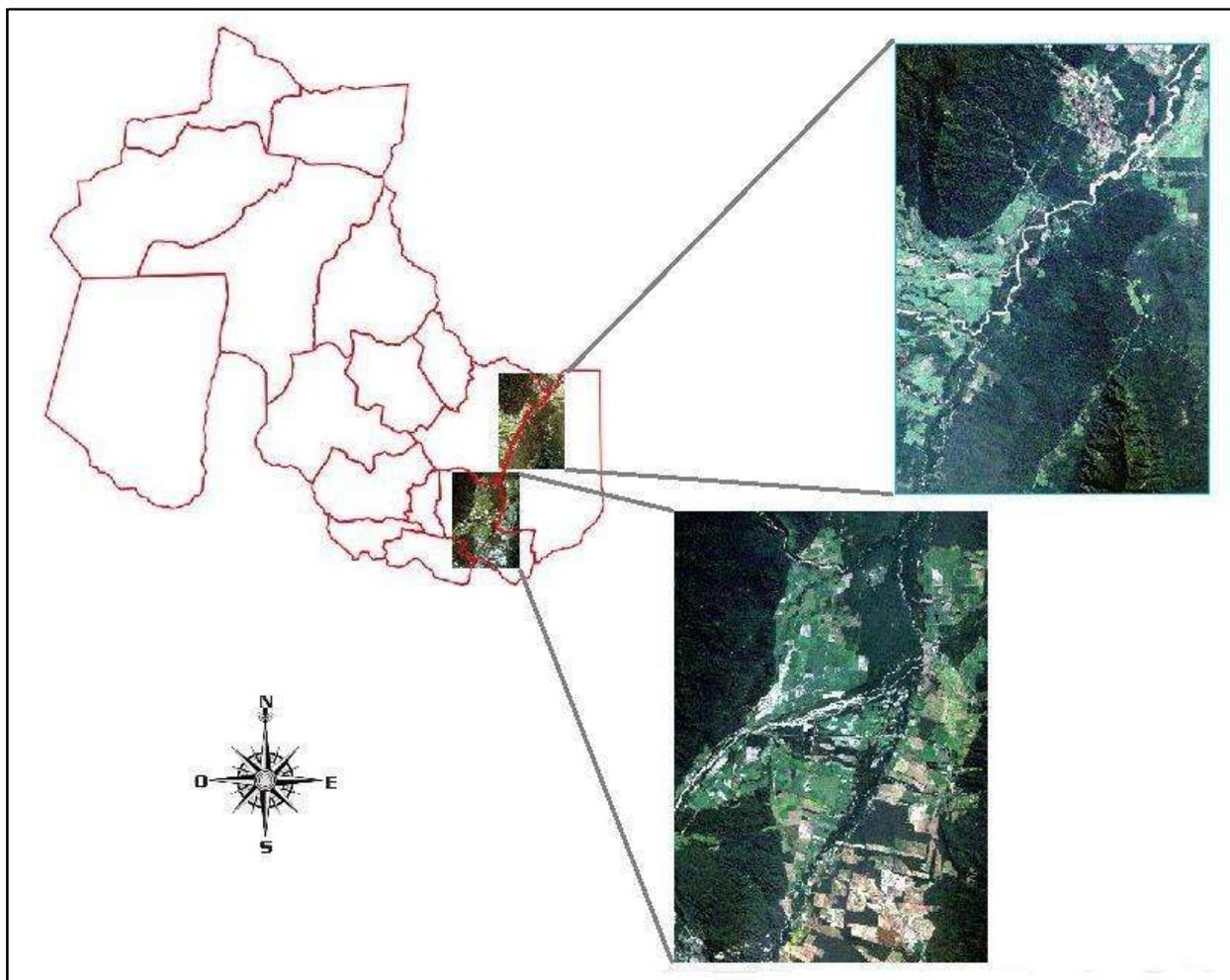


Figura 4.1- Área Endémica de la provincia de Jujuy.

Para la clasificación y la evaluación de los cambios de las coberturas de terreno, así como la identificación de cuerpos de agua, se utilizaron seis imágenes Landsat 5 Thematic Mapper TM (30 x 30 m de resolución) (Tabla 4.1), las cuales fueron seleccionadas tomando en consideración la calidad de la imagen, cobertura de nubes y que sean equidistantes entre sí en el tiempo teniendo referencia al año de mayor número de casos, 2002. Las mismas fueron descargadas de la página del United States Geological Survey (USGS) (<http://earthexplorer.usgs.gov>), donde se derivan datos de cobertura e índices de vegetación.

Tabla 4.1- Imágenes Landsat 5 TM.

IMÁGENES LANDSAT 5	FECHA DE ADQUISICION
LT52310761998143COA00	23/5/1998
LT52310762002042COA00	11/2/2002
LT52310762006053COA00	22/2/2006
LT52310771998143COA00	23/5/1998
LT52310772002042COA00	11/2/2002
LT52310772006053COA00	22/2/2006

#### 4.2.2. Pre-procesamiento y Procesamiento de la imagen

El reconocimiento remoto requiere un procesamiento previo de las imágenes satelitales. Tal trabajo con frecuencia incluye georreferenciación de imágenes y corrección radiométrica para explicar las distorsiones atmosféricas.

Las imágenes adquiridas del USGS tienen un nivel de procesamiento 1T (Estándar Terrain Correction). El pre-procesamiento de las imágenes de Landsat TM se realizó con el programa Environmental Visualization Images (ENVI).

En la corrección radiométrica de la imagen del sensor Thematic Mapper se utilizó un conjunto de técnicas de sencilla implementación basado en la utilización de coeficientes de calibrado para cada canal del sensor para obtener los datos de la imagen en magnitud física y posteriormente en reflectividad. Para ello, se reconvirtieron los valores de intensidad digital number (DN) en escala de grises (8 bit) de cada píxel a valores de radiancia, y como segunda etapa de calibración, la conversión de radiancia a reflectancia (Chander et al., 2009). Los parámetros para la calibración fueron obtenidos desde el sitio web del USGS LANDSAT web site ([http://landsat.usgs.gov/scienceL\\_7\\_or\\_L5.cpf.php](http://landsat.usgs.gov/scienceL_7_or_L5.cpf.php)).

Realizadas las correspondientes correcciones, se realizó el proceso de -layer stacking-, juntándose todas las imágenes en un solo archivo para asegurar que todos los sitios de muestreos se correspondan en el espacio a través de las imágenes en las distintas fechas.

Con el propósito de eliminar el efecto de los aerosoles y la radiancia intrínseca que se introduce en el sensor y se ve reflejado en la imagen, como producto de la interacción del sensor con la atmósfera, se realizaron las correcciones atmosféricas (Heileen et al., 2014). Con éste proceso se logra mejorar la calidad visual de la imagen; así como, eliminar el componente intrusivo de la atmósfera. Esta corrección se realizó mediante el uso del módulo FLAASH del software ENVI.

La etapa de procesamiento de las imágenes comprende todos aquellos procedimientos llevados en adelante para conseguir la detección de cambios ambientales que pudieran haber influido en el brote/casos de LC.

#### 4.2.3. Cálculo del Índice (NDVI)

Una vez delimitada el área endémica, y definidas las unidades territoriales (o recortes), se calculó el índice espectral.

Se eligió el NDVI como criterio de clasificación porque el objetivo era identificar la configuración espacial, y nuestro interés es, en una primera etapa, segregar las áreas naturales y seminaturales de las artificiales, para luego discriminar por clases.

A partir de éste índice se separaron las áreas con vegetación utilizando el índice NDVI en ambas escenas, para determinar el área en hectáreas que comprenden las regiones transformadas durante la pasada década.

De manera complementaria, y solo para conocer otra opción de cálculo, se adquirieron valores de NDVI mediante la utilización del software de código abierto QGIS mediante el sistema SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses), desarrollado por un equipo de la Universidad de Göttingen. Actualmente contiene 235 algoritmos, entre los cuales destaca para el cálculo de índices de vegetación denominado Vegetation index (slope based). Para este cálculo solo se precisa la banda roja (B3) e infrarroja (B4) por separado.

#### 4.2.4. Cálculo de cambios de cobertura y uso del suelo

La cuantificación de los cambios en la cobertura y/o uso de suelo, se basa en la identificación de diferentes sistemas de uso de la tierra. Estos sistemas van desde bosques hasta la agricultura, los pastizales y las áreas urbanas.

A partir del cálculo del índice NDVI, se realizó la combinación de bandas: **B3 → R ; NDVI → G ; B1 → B** (Figura 4.2).

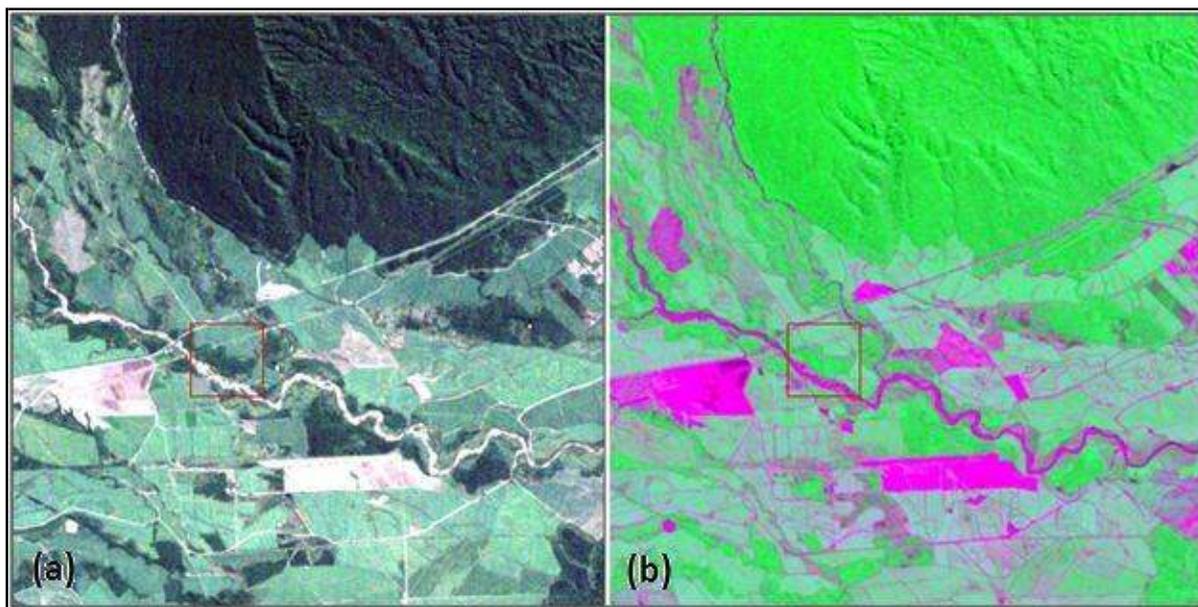


Figura 4.2- Imagen L5 del año 1998 (a) color natural; (b) Imagen filtrada con NDVI.

En la etapa de clasificación se guardaron las imágenes filtradas con el índice NDVI y sobre ella se definieron los ROIs, para luego aplicar el algoritmo de clasificación. Ésta estuvo dada por las características espectrales de cada pixel donde fueron agrupados en cuatro clases (vegetación densa, vegetación poco densa, cultivos y ciudad o suelo desnudo), donde se identificó el cambio de cada una de las clases en el tiempo.

Para estimar e identificar los cambios en la cobertura y el uso del suelo a través de los eventos inter-epidémicos, se utilizaron imágenes por clasificación supervisada mediante el algoritmo paramétrico de máxima probabilidad (Figura 4.3).

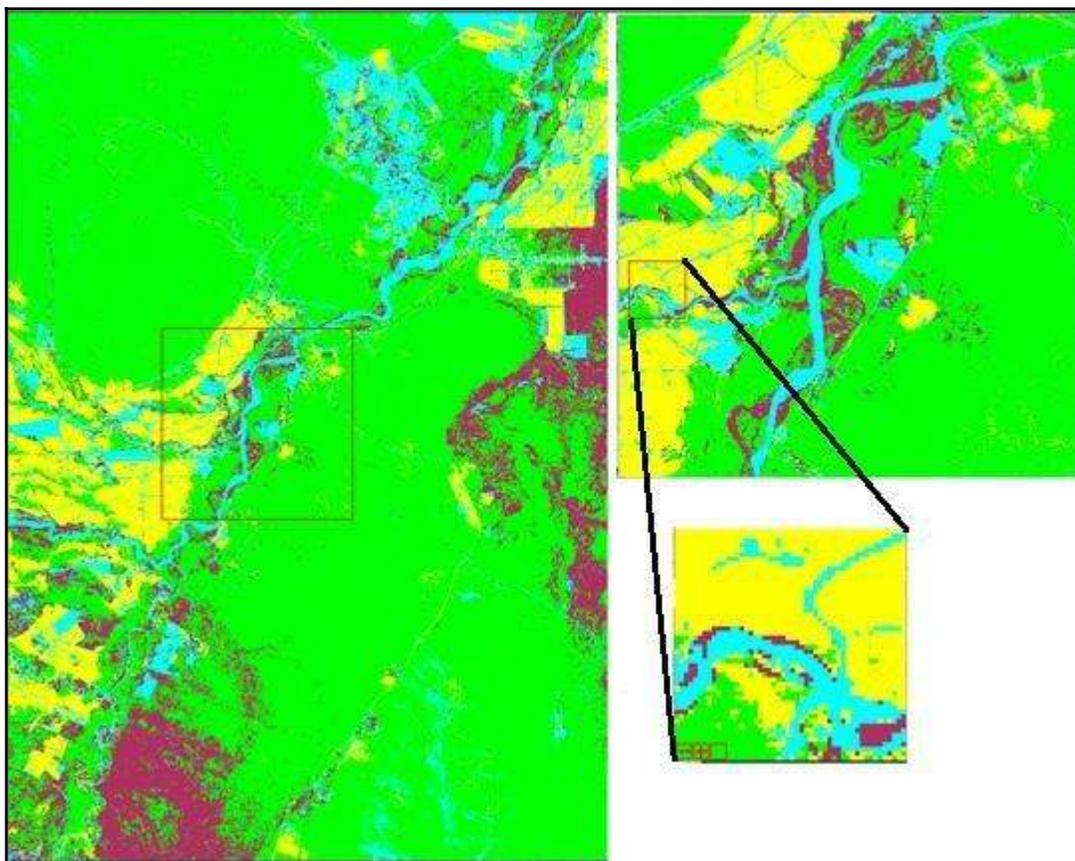


Figura 4.3- Clases: Vegetación densa (verde); Vegetación menos densa (marrón); Cultivos (amarillo); Urbano y/o Suelo desnudo (cyan).

El análisis post-clasificador, consistió en la comparación de los productos temáticos generados previamente de manera independiente y proporcionó información sobre la cantidad (porcentaje o unidad de área) de cada una de las clases que se transformó en otra clase o no cambió durante el período estudiado.

De la comparación de las imágenes de satélite clasificadas se generó una matriz de cambios, la cual sintetiza los cambios ocurridos en un periodo de tiempo determinado, de las distintas categorías o clases de uso de suelo y vegetación representada en los mapas.

La mejor forma de evaluar si la clasificación realizada anteriormente resultó buena o no, se observa mediante un proceso de evaluación numérico. Esta evaluación se realizó definiendo la matriz de confusión.

La matriz de confusión es un proceso de postclasificación que requiere utilizar puntos de verdad terreno. Algunos datos de verdad terreno son datos reales tomados en campo y georeferenciados, otros fueron definidos en la imagen, etiquetados como áreas de verdad terreno tomadas con mucho cuidado y con información adicional.

La evaluación está dada por el análisis, para cada clase, de los llamados errores por exceso y errores por defecto. A este último se lo define como la suma de todos los píxeles que el método de clasificación no incluyó correctamente en la clase que pertenecen. Y el error por exceso, corresponde a aquellos píxeles que pertenecen a otra clase.

Los cambios se detectaron mediante la utilización de la herramienta -Detección de Cambio- de ENVI. Este método nos proporciona una tabulación detallada de las variaciones entre dos imágenes de la clasificación. Los cambios detectados usando esta rutina difieren significativamente de un simple contraste entre dos imágenes. El análisis se centra principalmente en los cambios de clasificación a partir de un estado inicial; es decir, para cada clase de estado inicial, el análisis identifica las clases en las que los píxeles han cambiado en un estado final.

A continuación, se esquematiza un mapa general (Figura 4.7) donde se identificaron los cambios ocurridos entre los años 1998 y 2002, que para una mejor interpretación de los datos, fueron reagrupados en dos clases generales según el tipo de cambio: a) Cambios por sustracción, es decir, aquellas clases que fueron suprimidas (representadas de color azul); b) Cambios por adición, son aquellas clases que en cierta manera tuvieron un cambio positivo, es decir, pasaron de ser suelos desnudos a cultivos o vegetación secundaria (representadas en color rojo) (Figura 4.7).

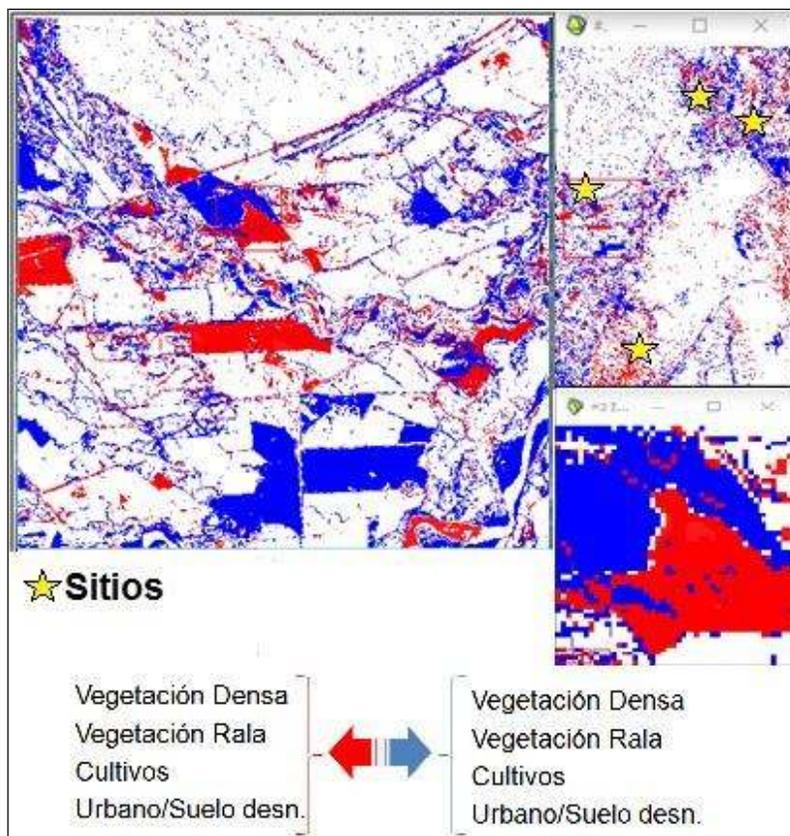


Figura 4.7 – Detección de Cambio (1998-2002): Cambios por sustracción (azul); Cambios por adición (rojo); Sin Cambios (blanco).

La localización y cuantificación de las áreas deforestadas y superficies que cambiaron de uso, se logró a través de la comparación de los mapas de cobertura del terreno para los períodos de 1998-2002, y 2002-2006, por medio de una sobreposición de imágenes y una tabulación cruzada (matriz de datos) (Bocco et al., 2001).

#### 4.2.5. Análisis de los datos

Se realizaron pruebas estadísticas para determinar si el porcentaje de cada clase, varió entre escenas y en distintos tiempos de manera significativa. Los test fueron realizados en lenguaje R. Por un lado, se realizó un análisis con tablas de contingencia (Test de CHI- cuadrado) para ver si las proporciones de cada clase de cobertura en las diferentes escenas del área de estudio fueron independientes ( $H_0$ ), o bien, existió una asociación entre las proporciones observadas entre los distintos pares de escenas ( $H_A$ ). Por el otro, se realizó una prueba no paramétrica de comparación de proporciones con el test de McNemar. En ambos casos, todos los resultados se tomaron significativos con un  $p \leq 0,05$ .

### 4.3. Resultados

#### 4.3.1. Creación de la Matriz de datos

Se calcularon las cuatro matrices de cambio de cobertura terrestre (dos por cada escena: row 076 y row 077), correspondiente a los años 1998, 2002 y 2006 (Tablas 4.2, 4.3, 4.4 y 4.5). Estas matrices contienen información acerca de los cambios en las coberturas (clases) ocurridos en ese periodo de tiempo. La primera columna vertical indica el año de la imagen de cobertura terrestre inicial. La duración del período de cambio se muestra en la fila horizontal.

Las coberturas terrestres (clases) consideradas fueron: vegetación densa (Veg1), vegetación rala (Veg2), Cultivos, y Urbano o suelo desnudo (Urb/SD).

Los valores que se encuentran en la diagonal de la tabla (en tinta azul) indican las unidades de superficie de tierra sin modificaciones entre los periodos 1998-2002 (Tabla 4.2) y 2002-2006 (Tabla 4.3).

La cifra en la primera fila y en la segunda columna indica que 30.58% cambió de -vegetación densa en 1998 a tierras de -vegetación rala- en 2002. Cada celda en la matriz se lee de la misma manera. El valor total al final de la primera fila es el área de -vegetación densa en 1998 (68.1).

**Tabla 4.2- Row: 076 (Departamento Santa Bárbara y Ledesma). Matriz de cambio de cobertura entre 1998 y 2002 (Porcentajes).**

**Precisión General = 77.75% – McNemar test = 66.53, p-valor= 2.1e-12**

Años		2002				
1998	Clases	Veg1	Veg2	Cultivos	Urb/SD	Total
	Veg1	<b>91.92</b>	30.58	19.12	11.38	68.1
	Veg2	6.36	<b>57.97</b>	16.64	28.01	16.13
	Cultivos	1.59	4.46	<b>50.88</b>	27.95	10.81
	Urb/SD	0.13	6.99	13.35	<b>32.66</b>	4.95

Total	100	100	100	100	100
-------	-----	-----	-----	-----	-----

**Tabla 4.3- Row: 076 (Departamento Santa Bárbara y Ledesma). Matriz de cambio de cobertura entre 2002 y 2006 (Porcentajes).**

**Precisión General = 74.46% – McNemar test = 64.04 , p-valor= 6.78e-12**

Años		2006				
2002	Clases	Veg1	Veg2	Cultivos	Urb/SD	Total
	Veg1	<b>91.39</b>	21.75	28.15	14.51	65.8
	Veg2	6.22	<b>43.21</b>	7.51	18.07	13.49
	Cultivos	2.06	25.37	<b>52.88</b>	28.25	14.71
	Urb/SD	0.33	9.67	11.47	<b>39.17</b>	6.01
	Total	100	100	100	100	100

**Tabla 4.4- Row: 077 (Departamento San Pedro). Matriz de cambio de cobertura entre 1998 y 2002 (Porcentajes).**

**Precisión General = 63.24% – McNemar test = 18.08 , p-valor= 0.006**

Años		2002				
1998	Clases	Veg1	Veg2	Cultivos	Urb/SD	Total
	Veg1	<b>83.3</b>	23.38	11.88	3.51	42.62
	Veg 2	15.81	<b>41.63</b>	17.32	15.61	23.04
	Cultivos	0.34	15.3	<b>45.54</b>	14.45	13.85
	Urb/SD	0.54	19.69	25.27	<b>66.43</b>	20.49
	Total	100	100	100	100	100

**Tabla 4.5- Row: 077 (Departamento San Pedro). Matriz de cambio de cobertura entre 2002 y 2006 (Porcentajes).**

**Precisión General= 65.52% – McNemar test = 27.28, p-valor= 0.00013**

Años		2006				
2002	Clases	Veg1	Veg2	Cultivos	Urb/SD	Total
	Veg1	<b>85.12</b>	30.05	2.28	2.16	40.59
	Veg2	11.99	<b>50.22</b>	33.11	23.22	27.21
	Cultivos	2.64	13.15	<b>49.48</b>	13.86	15.75
	Urb/SD	0.24	6.58	15.12	<b>60.76</b>	16.45
	Total	100	100	100	100	100

En las figuras 4.8 y 4.9 se representan las diferencias en las proporciones de las distintas coberturas: La escena 077 presenta una mayor proporción de suelo expuesto y/o cobertura de origen antrópico, y una menor proporción de vegetación densa. Esto se mantiene con características similares en los tres años estudiados, mientras que la escena 076, presenta

proporciones menos equitativas con una alta preponderancia de la vegetación densa. Estas diferencias se verifican estadísticamente de manera resumida a través del test chi-cuadrado (Tabla 4.6). Teniendo en cuenta los valores de significancia en los años 1998, 2002 y 2006, se observa que las proporciones de clases de cobertura entre las dos escenas (076 y 077) son significativamente diferentes para las tres fechas analizadas.

**Tabla 4.6- Estadístico bivariado.**

	1998	2002	2006
$\chi^2$	16.950	15.487	14.339
df	3	3	3
<b>p-valor</b>	<u>0.0007237</u>	<u>0.001444</u>	<u>0.002478</u>

A continuación, se resumen los resultados de los cambios de clases y las diferencias de imágenes, para cada una de las escenas evaluadas (Tabla 4.7).

**Tabla 4.7- Cambio de clase (%) y diferencia de Imágenes (%).**

		1998-2002		2002-2006	
		row 76	row 77	row 76	row 77
<b>Cambio de Clase</b>	Veg 1	10.83	19.11	11.59	17.88
	Veg 2	51.18	47.51	41.15	51.24
	Cultivos	28.97	46.13	48.23	41.54
	Urb/SD	57.58	44.57	52.59	22.72
<b>Diferencia de Imágenes</b>	Veg 1	-3.38	-4.68	-4.71	-5.96
	Veg 2	-16.52	18.01	26.48	-11.34
	Cultivos	36.18	13.64	-7.20	13.12
	Urb/SD	21.36	-19.74	9.78	20.95

#### 4.3.2. Detección de Cambios entre años

En las Figuras 4.8 y 4.9, se muestran los cambios de cobertura y uso del suelo (clases) en los distintos momentos epidémicos (1998-2002-2006). La superficie ocupada por cada clase se presenta en hectáreas.

La clase que presentó mayor proporción de superficie, en ambas escenas, fue “vegetación densa” (Veg 1). La estadística de cómputos proporcionada por ENVI nos indica que, para la escena row 076, en el año 1998 el 68.1% de la imagen pertenece a la clase Veg 1, en el año 2002 el 65.8% y en el 2006 el 62.68%. Mientras que para la escena row 077, los porcentajes para la clase “Veg 1” son 42.62% (año 1998), 40.59% (año 2002) y 38.22% (año 2006).

La Figura 4.8, muestra una clara tendencia, a la disminución de la -vegetación densa-, que progresivamente se convierte en áreas de “cultivos” o zonas “urbanas y/o de suelos desnudos”. Sin embargo, la Figura 4.9, correspondiente a la escena “row 077”, en el año 1998, muestra mayor cantidad de ha. de la clase “Urb/SD” en comparación a los años sucesivos.

En ambas escenas también puede observarse que tanto la clase “cultivos” como la clase “Urb-SD” suben algunas unidades de superficie, y en el caso de la escena 077, correspondiente al área del departamento de San Pedro, la Veg 2 muestra una suba.

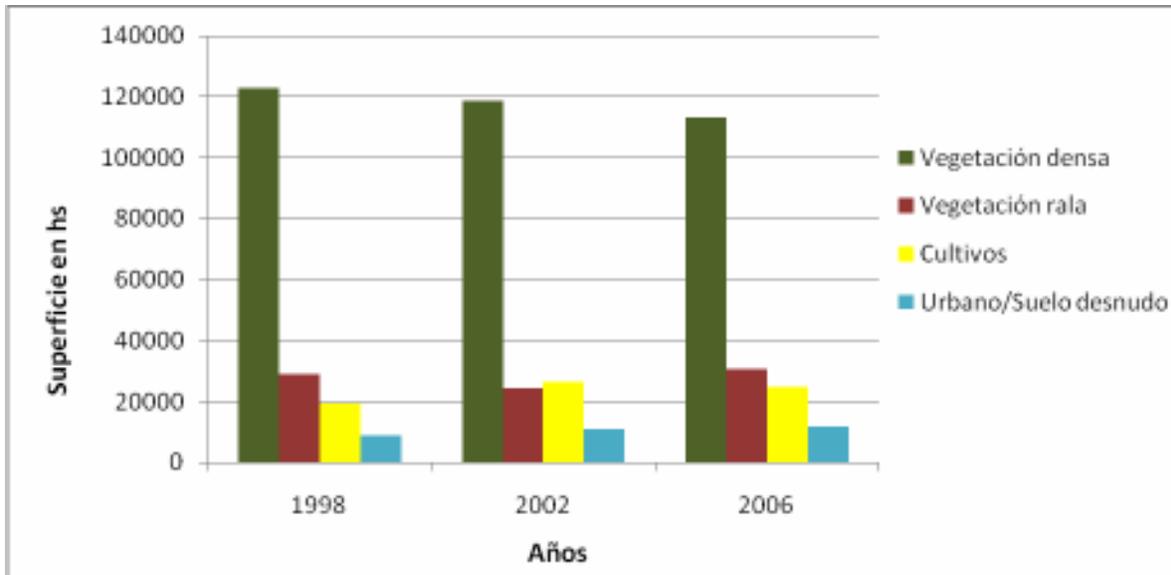


Figura 4.8- Evolución de la cobertura y uso del suelo en Santa Bárbara y Ledesma.

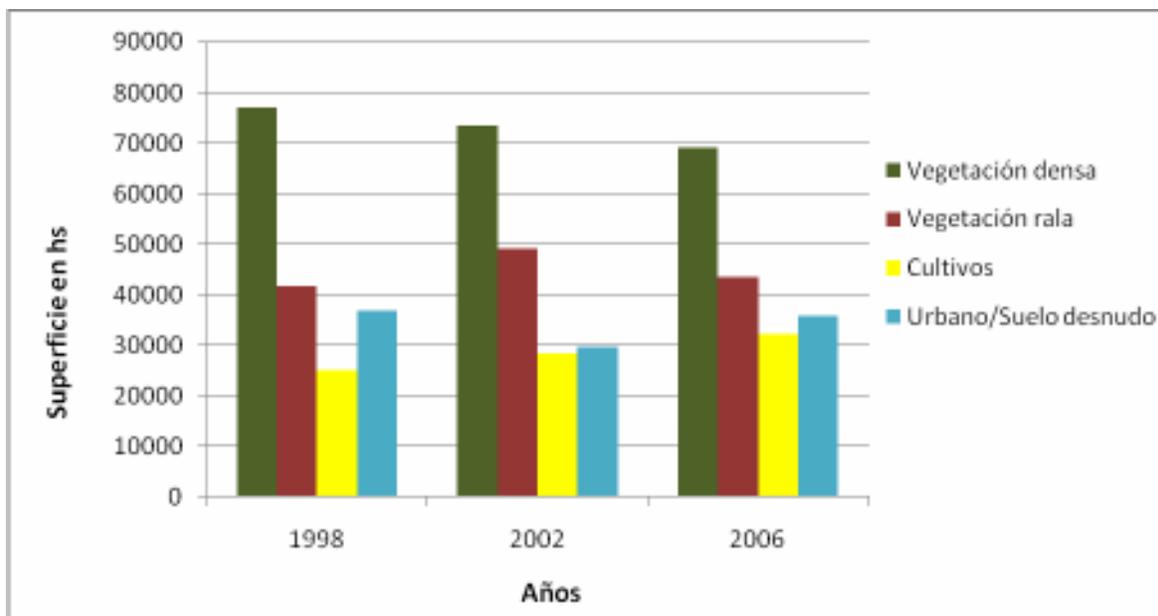


Figura 4.9- Evolución de la cobertura y uso del suelo en San Pedro.

#### 4.4. Discusión

Los bosques nativos han sufrido una drástica reducción, no solamente por la explotación forestal destinada a extraer las maderas valiosas sino también por los desmontes para abrir campos con destino a cultivos agrícolas y actividades ganaderas.

En base a los recortes de las imágenes del satélite Landsat TM, que abarca unas 302.980.800 ha. del área endémica, evaluando parte de los tres departamentos con mayor incidencia de LC, se analizaron utilizando el programa Environmental Visualization Images (ENVI), se pudo observar un gran impacto ambiental debido a la alta deforestación en el área endémica.

En prácticamente una década se puede observar, tanto en los índices de vegetación como en los cambios de cobertura, una paulatina pérdida de vegetación densa y su degradación a vegetaciones menos densas. Esto se debió tanto a la expansión agrícola como a la creación de nuevas carreteras y al urbanismo y crecimiento propio de las ciudades de la zona.

La ampliación de la frontera agropecuaria actúa negativamente no sólo en la pérdida del hábitat sino también en la profusión con que se usan agroquímicos de todo tipo, para el control de plagas.

La percepción remota nos permite registrar estos eventos, y nos proporciona una gran cantidad de información que podemos utilizar tanto para determinar cómo nuestro entorno está cambiando y en que magnitud lo hace, como así también determinar los mejores lineamientos para realizar los “cambios”.

De ésta forma y con la información de base obtenida en este trabajo puede observarse que el brote epidémico ocurrido en el año 2002 (Capítulo 3), pudo estar relacionado a estos cambios en la vegetación, especialmente conociendo las dinámicas observadas a partir de estudios anteriores en otras áreas endémicas del noroeste argentino (Salomón et al. 2006; Salomón et al. 2008), donde se pudo constatar que, por ejemplo, pequeños cambios ambientales o la generación de zonas de borde, permiten no sólo un mayor contacto efectivo entre el vector-parásito-humano, sino también al aumento en la población (indicador de riesgo subrogante) del vector principal *Nyssomyia neivai*, involucrado en la transmisión del parásito (Salomón et al. 2002a; Quintana et al., 2010). Es importante destacar también y en relación a las acciones antrópicas que llevaron a esta pérdida de vegetación (principalmente en relación a la deforestación-expansión agrícola, que los principales afectados en dicho brote fueron personas del sexo masculino cuya ocupación principal era la de “jornalero”, presentando por ello una mayor exposición a contraer el parásito (Salomón et al. 2011a). La mayor casuística del brote se registró en el departamento de Ledesma (“row 076”), cuyos cambios en la vegetación fueron los más contundentes.

Los resultados obtenidos fueron los esperados al encontrar un patrón de disminución en la vegetación y un aumento en la razón de deforestación con el paso de los años. En el año 1998, las zonas que representaban vegetación sumaban un total de 122.913 hectáreas, lo que en el 2006 fue de 113.164 ha., es decir, 97.49 ha. menos de bosque (Veg1).

Los resultados obtenidos en el análisis de frecuencia entre las escenas “row 076” (departamento Ledesma y Santa Bárbara) y “row 077” (departamento San Pedro), indican diferencias entre las mismas y el porcentaje de presencia de las clases de cobertura. Se observa y por medio de la cuantificación de su superficie en hectáreas, que la escena “row 077” es una zona mucho más antropizada y con una superficie mayor con uso de suelo destinado a cultivos,

y con un paisaje con características de transición de selva de Yungas y región chaqueña.

En relación a periodo estudiado, para 1998 las zonas representativas de la vegetación sumaban un total de 122.913 hectáreas, lo que en el año 2006 fue de 113.164, es decir, 9749 ha. menos de vegetación densa. Durante el año 2002, luego de un periodo de solamente cinco años, el cambio en los valores de índices de vegetación disminuyó a causa de la deforestación de 4153 ha. Esto se debe a que, para este año, grandes extensiones de superficie cuyo uso era destinada a cultivos se encontraban como suelos desnudos.

Éstas pérdidas y degradación del ambiente contribuyen a generar nuevos hábitat larvales (Patz et al., 2000); cambios que pueden afectar condiciones micro-climáticas que favorezcan ciertos parámetros que determinan la abundancia y supervivencia de vectores (Foley et al, 2005; Patz et al, 2000), o bien, pueden propiciar la aparición de brotes epidémicos, por aumentar el contacto efectivo vector-humano (Salomón et al., 2006; Quintana et al., 2010).

Más allá de hacer mención sobre deforestación de los bosques, es importante destacar que el valor ambiental de la cobertura vegetal natural es fundamental, por sus efectos tanto en la estructuración del suelo, como en el aumento de la capacidad de retención del agua de lluvia y mayor capacidad de infiltración, aspectos que favorecen la reducción de la energía cinética propia de las lluvias torrenciales que se manifiestan en la región y, evidentemente, la regulación hídrica del valle.

La utilización de imágenes de teledetección y la información obtenida a partir de su clasificación, ha supuesto uno de los aspectos más relevantes en esta investigación. Sin embargo, la disponibilidad de modelos digitales del terreno de mayor resolución en determinadas áreas es limitada, por lo que es necesaria la inclusión de otras variables relacionadas con gradientes medioambientales, como la temperatura, que condicionen la distribución de las categorías del suelo, y por lo tanto, en la distribución de los flebotomos.

## **Capítulo 5. PAISAJES ANTROPIZADOS: métricas**

El presente Capítulo se plantea como objetivo específico identificar los principales cambios en las cubiertas del suelo, sus patrones espaciales, y usos a través de imágenes satelitales durante los años 2010-2011, como así también la extracción de métricas a través del programa Fragstats.

### **5.1. Introducción**

La modificación del paisaje generada por la actividad humana puede cuantificarse a través de imágenes satelitales, y a su vez, por medio de programas específicos, analizar las relaciones entre las métricas del paisaje, dentro del concepto que los patrones ambientales influyen fuertemente en los procesos ecológicos.

Como se mostró en el capítulo anterior, la región se encuentra sometida a un paulatino proceso de degradación de sus recursos naturales, lo cual conlleva en muchos casos a la fragmentación. En la actualidad se encuentra bien establecido que la fragmentación de los bosques puede alterar sustancialmente la estructura del bosque y el microclima, cambios que, en consecuencia, directa o indirectamente afectan a la composición de la biota en fragmentos, la diversidad de las especies, como así también la estructura de la población de flebótomos (De Luca et al., 2003; Quintana et al., 2010; Salomón et al., 2012a). A su vez, se ha demostrado que la estructura de la vegetación y el microclima del bosque se ven alterados cerca de los bordes del mismo (De Luca et al., 2003; Quintana et al., 2010).

Este capítulo se orienta a la descripción de la modificación del paisaje por la actividad humana, por medio de las métricas del paisaje, y a analizar sus posibles relaciones con la abundancia de flebótomos registrada en cada localidad. Se pretende abordar este análisis desde una perspectiva ecológica, la cual permitirá dilucidar los patrones o detectar la tendencia que presenta cada hábitat en relación a favorecer la proliferación de los vectores y potenciales reservorios de la leishmaniasis y de esta manera proponer medidas de mitigación de las poblaciones locales de flebótomos.

#### **5.1.2. Proceso de Clasificación digital mediante Maximum Likelihood**

El proceso de clasificación multispectral consiste en atribuir cada píxel de una imagen satelital a un tipo de clase temática, es decir, consiste en la agrupación automática de los píxeles de una imagen multispectral. Para este tipo de clasificación se requieren observaciones de campo en lugares específicos denominados sitios de entrenamiento y se refieren a categorías o -clases de la cobertura terrestre discernibles entre sí. La asignación de un píxel a una clase u otra depende de su valor de reflectancia en cada una de las bandas de la imagen.

La finalidad de este proceso es obtener un mapa digital sintético, donde los valores de reflectancia asociados a cada píxel de la imagen, son identificados como un tipo de cobertura de la superficie terrestre (Chuvieco, 2002).

La clasificación supervisada recibe esta denominación porque requiere un cierto conocimiento previo de las clases informacionales, y la localización en el terreno de las parcelas de pruebas de firmas espectrales, de las cuales el programa utilizado extraerá las firmas espectrales de cada uno de las clases temáticas seleccionadas.

Una manera de evaluar una clasificación es mediante matrices de clasificación, como se realizó en el capítulo anterior, o bien, considerando el valor del índice Kappa.

El índice Kappa (K) es otra medida de la exactitud de la clasificación y mide la diferencia entre el acuerdo mapa-realidad e intenta delimitar el grado de ajuste debido sólo a la exactitud de la clasificación, prescindiendo del causado por factores aleatorios (Hudson y Ramn, 1987; Congalton, 1991; Arena et al., 2011). Este índice toma valores entre 0 y 1, indicando valores cercanos a 0 cuando el arreglo observado es debido al azar, mientras que cercano a 1 sugiere un acuerdo pleno entre la realidad y el mapa.

### **5.1.3. Ecología de Paisaje: métricas**

El paisaje es un ente dinámico en términos de los patrones espaciales, estructurales y funcionales (Forman, 1995; Hobbs, 1997). Forman y Godron (1986) lo definen como una superficie heterogénea compuesta por un conjunto de ecosistemas que interactúan y se repiten de una manera similar en todas partes.

La ecología del paisaje es una ciencia emergente que nos proporciona herramientas de entendimiento de la dinámica de la heterogeneidad espacial, de las interacciones y los intercambios a través del paisaje y de la influencia de esa heterogeneidad sobre los procesos bióticos y abióticos. Esta ciencia se centra en el estudio de la estructura y composición de los paisajes, la funcionalidad de los paisajes, y de los cambios que se producen en el paisaje (Vink, 1983; Forman & Godron, 1986).

En la actualidad existe un creciente número de estudios relacionados con el análisis del paisaje, donde, en gran parte, los principales enfoques son los relativos a la comprensión de los patrones y procesos que determinan la fragmentación de la vegetación.

El modelo conceptual de la ecología del paisaje nos permite analizar todos los paisajes a través de unos elementos comunes, y se pueden explicar a través de sus componentes, como ser: los parches, los corredores y la matriz.

El parche es una superficie conformada por un conjunto de objetos discretos que muestran un marcado comportamiento homogéneo respecto de uno o varios atributos. Estas unidades espaciales del paisaje se suelen representar por medio de SIG en mapas de polígonos (formato vectorial) o mallas de celdas (formato ráster) clasificados en clases de coberturas del suelo discretas.

Los corredores son elementos del paisaje que conectan parcelas similares a través de matrices disimilares o agregados de parcelas. Los corredores son generalmente longitudinales, adoptando la forma de franjas angostas, alargadas de forma irregular, cuya vegetación cumple un papel de protección o de comunicación, uniendo o separando elementos en una matriz geográfica.

La matriz de un paisaje es el elemento englobante que contiene a los parches, corredores y bordes, y conecta a todos los elementos del paisaje.

Desde el punto de vista estructural del paisaje, la agrupación de estos elementos determina la dominancia y heterogeneidad de cada paisaje con las propiedades características pertenecientes a cada uno de estos.

La transformación de la cobertura vegetal natural es un proceso dinámico que induce cambios marcados en la composición, estructura y funcionamiento del paisaje (McGarigal & Marks, 1995). También, conlleva a la pérdida y a la fragmentación del hábitat (Fahring, 2003).

El término fragmentación usualmente se emplea para denotar la división de un hábitat, antes continuo, en parches aislados que difieren en forma y tamaño. Los fragmentos más importantes son aquellos donde existe un cambio de cobertura debido a que la principal especie incriminada en la transmisión de LC está adaptada a ambientes modificados (Salomón et al., 2008; Salomón et al., 2016; Quintana et al., 2010; Fuenzalida et al., 2011).

El software FragStats permite, a partir de una capa de información geográfica de usos del suelo en formato raster obtener una enorme cantidad de métricas de análisis espacial. Adicionalmente tiene la capacidad de realizar cálculos agregados (sumas, medias con distintas ponderaciones, estadísticas) para los niveles superiores a partir de los elementos de orden inferior (McGarigal y Marks, 1995, McGarigal et al., 2002).

Las métricas de paisaje son medidas cuantitativas para los patrones espaciales fundamentales para muchas de las relaciones espaciotemporales y son ampliamente usadas en investigación en ecología del paisaje. Emplear métricas de paisaje nos permite conocer y distinguir las características del mismo o su variación con el tiempo.

La disponibilidad de la tecnología de los SIG y los software de cálculo de patrones de paisaje como FragStats, permiten generar diferentes medidas de patrones de paisaje para caracterizar la heterogeneidad de los paisajes (Li et al., 2005). Sin embargo las métricas de paisaje son muy sensibles a la calidad de los datos, especialmente en paisajes complejos y muy heterogéneos (Antrop y Eetvelde. 2000; Veerle y Antrop, 2004).

FragStats es una herramienta de análisis espacial para mapas de tipo categórico que tiene la capacidad de realizar los cálculos a tres niveles (Figura 5.1):

- ♣ Patch (a nivel de parche): Los cálculos se aplican a cada fragmento o parche individualmente. Es el nivel adecuado, por ejemplo, para determinar cuál es el parche de mayor superficie entre todos los representados.
- ♣ Class (a nivel de clase): Los cálculos se aplican a cada conjunto de parches de la misma clase, es decir, a aquéllos que tienen el mismo valor o que representan el mismo tipo de uso del suelo, hábitat, etc. Es el nivel apropiado para calcular cual es la superficie que ocupa una determinada cobertura del suelo.
- ♣ Landscape (a nivel de paisaje): Los cálculos se aplican al conjunto del paisaje, es decir, a todos los fragmentos y clases a la vez (calculando las interacciones entre las clases de parches diferentes). El resultado nos informa del grado de heterogeneidad o de homogeneidad del conjunto del área que se ha cuantificado.

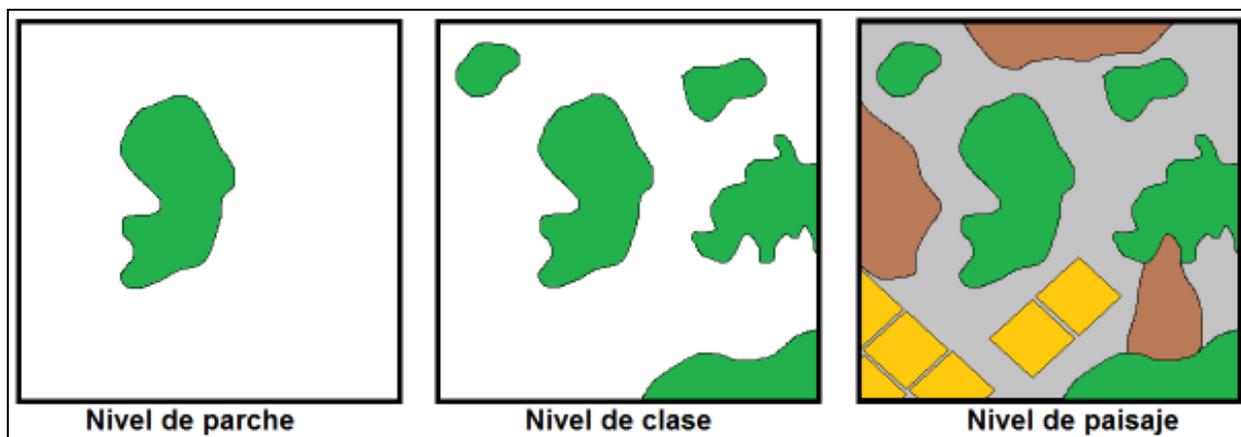


Fig. 5.1- Los tres niveles para los índices del paisaje.

Desde una perspectiva ecológica, los parches representan áreas discretas de condiciones medioambientales relativamente homogéneas a una escala particular (Acuña Caro, 2010).

Las métricas a nivel de clase representan la cantidad y la distribución espacial de cada tipo de cobertura (o clase de parche) a través de promedios de las características de todos los parches de esa clase; las métricas de clase pueden ser interpretadas como índices de fragmentación.

Este mosaico del paisaje, a lo que llamamos clase, puede ser descrito como un conjunto de parches de diferentes formas, tamaños y composición (Figura 5.2), cuya disposición espacial y aislamiento tiene una influencia determinante en el ciclo de agua, nutrientes, y microclima, creando diferentes requisitos del hábitat para los organismos, a los cuales también afectan la dispersión animal, considerando como fuente de alimento para el vector (Blake, 1986), y en la dinámica de los flebótomos.

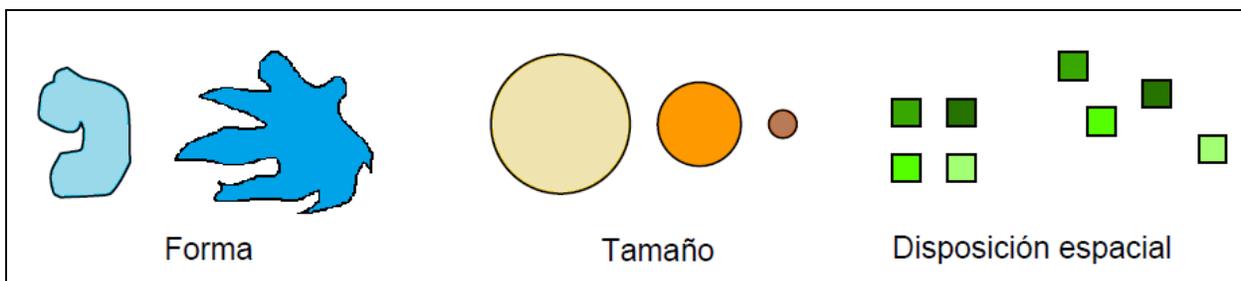


Fig. 5.2- Atributos de los parches del paisaje.

En cambio, las métricas a nivel de paisaje representan el patrón espacial de todo el mosaico, y pueden interpretarse de manera más amplia como la heterogeneidad del paisaje pues miden la estructura completa del mismo de manera global (Foram, 1995; Porcasi, 2009).

El patrón del paisaje puede ser percibido como un mapa de categorías (o temático) en el que los elementos de interés se representan como un mosaico de parches o manchas discretas. Los índices del paisaje son medidas cuantitativas de la estructura y configuración espacial del paisaje. Permiten evaluar los cambios a lo largo del tiempo, hacer comparaciones

entre paisajes de distintas zonas, y analizar las relaciones entre la estructura del paisaje y su funcionamiento (Acuña Caro, 2010).

## 5.2. Materiales y Métodos

### 5.2.2. Procesamiento de las imágenes satelitales

Los datos satelitales multiespectrales, corresponden al satélite Landsat 5 sensores TM+ (Enhanced Thematic Mapper), adquiridos en las fechas que se detallan en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1- Imágenes Landsat 5 y fechas de adquisición.

	Imágenes Landsat 5	Fechas
Escena 1	LT52310762010240CUB01	28/8/2010
	LT52310762010304CUB00	30/10/2010
	LT52310762010336CUB00	2/12/2010
	LT52310762011099CUB01	9/4/2011
	LT52310762011243COA01	31/8/2011
	LT52310762011291CUB01	18/10/2011
Escena 2	LT52310772010240CUB01	28/8/2010
	LT52310772010304CUB00	30/10/2010
	LT52310772010336CUB00	2/12/2010
	LT52310772011099CUB01	9/4/2011
	LT52310772011243COA01	31/8/2011
	LT52310772011291CUB01	18/10/2011

En base a las imágenes Landsat 5 TM (resolución 30 x 30) obtenidas entre los años 2010 y 2011, con la utilización del programa ENVI 4.8, se recortaron las imágenes en ventanas de 400x400 píxeles (12.000 de lado), conteniendo un par de sitios de muestreo en cada recorte.

#### 5.2.2.1. Proceso de Clasificación digital mediante Maximum Likelihood

El método utilizado para la generación de mapas fue una clasificación supervisada, en donde se emplearon datos de coberturas vegetales y usos de suelo obtenidos con trabajo de campo. En los cuatro recortes para cada fecha se procedió a clasificarlas, obteniendo de este proceso un raster temático de una sola banda, con diferentes categorías, cuyos valores representan categorías temáticas conocidas, como es en este caso.

El clasificador utilizado fue de máxima probabilidad. Como resultado de la clasificación se obtuvieron cinco categorías de uso y cobertura de suelo (incluyendo usos agrícolas y urbanos). Cabe indicar que éstas clases fueron simplificadas a cinco debido a la semejanza y combinación de las coberturas de pastizal, pasto natural y asociación pasto-matorral, fueron unidas a una sola cobertura denominada -vegetación rala-, como así también, suelo desnudo de lo urbano.

Para las clasificaciones realizadas se definieron las siguientes clases: a) Vegetación densa (Verde), b) Vegetación rala (marrón), c) Cultivos (amarillo), d) Agua (azul), y e) Suelo desnudo-Urbanización (cyan) (Figura 5.4).

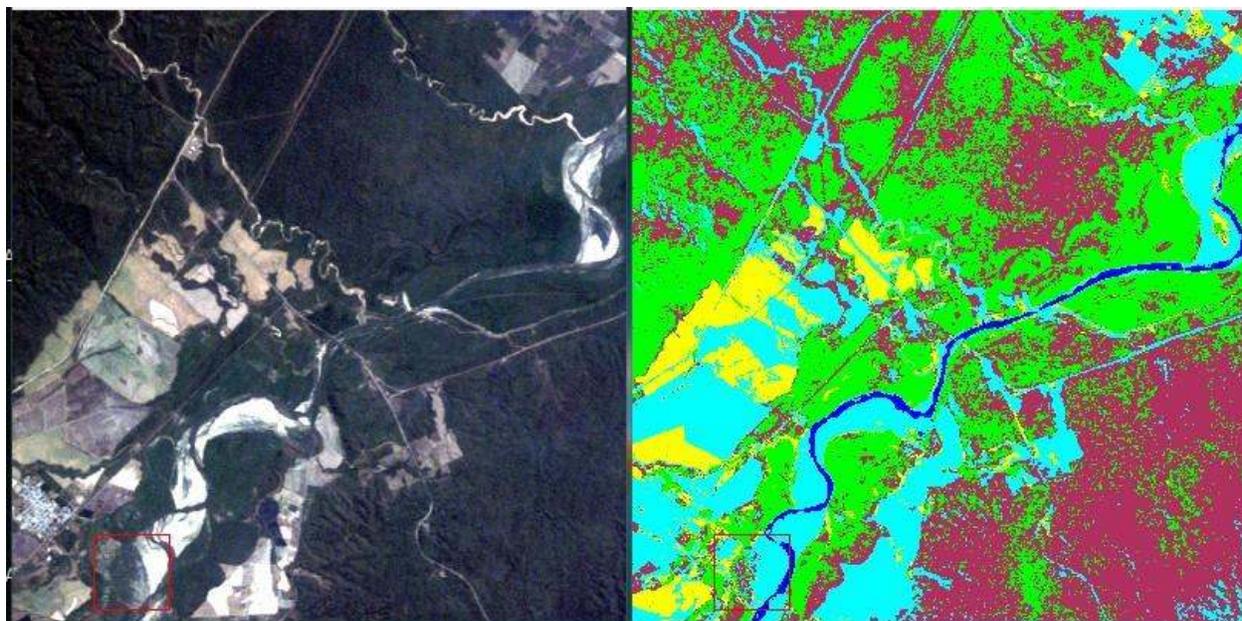


Fig. 5.4 – Clasificación Supervisada

### 5.2.2.2. Evaluación de las Clasificaciones Supervisadas

La evaluación de las imágenes recortadas y clasificadas se realizó mediante la utilización del índice Kappa. Landis y Koch (1977) sugirieron que un coeficiente kappa de más de 0.8 indica claramente que una clasificación dada es poco probable que haya sido obtenida por azar. En el presente trabajo, las clasificaciones fueron consideradas -correctas-, con un coeficiente kappa mayor a 0.7.

### 5.2.3. Extracción de Métricas

Las métricas se calcularon con el programa FragStats 4.2 (McGarigal et al., 2002). En los 12 recortes se seleccionaron las métricas a nivel de clase y de paisaje. Se tomaron 13 métricas sobre las cinco clases de interés (65 métricas) y otras 12 métricas del paisaje.

Las definiciones de cada métrica fueron consultadas en la documentación adjunta en el software de circulación gratuita proporcionado por la Universidad de Massachusetts en su página web ([www.umass.edu](http://www.umass.edu)), las que se describen en el Anexo.

Las medidas consideran características de superficie, forma, aislamiento y conectividad de los parches en los dos niveles analizados (clase y paisaje).

En el presente estudio se han seleccionado aquellos índices que a priori presentaban un mayor interés para el estudio. Éstas métricas fueron comparadas con los sitios muestreados (abundancia de vectores).

## **5.2.4. Análisis de los datos**

### **5.2.4.2. Coberturas y Uso de Suelo**

De manera exploratoria se realizaron gráficas para observar dentro de un periodo anual los cambios ocurridos en cada clase según el sitio de muestreo.

### **5.2.4.3. Evaluación de las métricas**

Con el fin de conocer las variables que mejor reflejaron el patrón del paisaje, se realizó un análisis de componentes principales (ACP).

La matriz de datos está constituida por 24 observaciones (filas) x 14 variables (columnas), donde las observaciones corresponden a cada recorte de imágenes L5 (incluyen dos sitios de muestreo por recorte) según su fecha de adquisición (Tabla 5.1), y las variables son los parámetros medidos en cada imagen (14 métricas a nivel de paisaje).

Sabiendo a priori que existen dentro de las métricas consideradas un alto nivel de correlación, es que en el presente capítulo se realizó un ACP que pretende sintetizar el conjunto de datos. Se puede simplificar y determinar que existen factores o componentes que pueden representar ese conjunto de variables sin tener que recurrir a la totalidad del conjunto de variables.

Esta reducción de la dimensión del conjunto de métricas empleadas a un conjunto de menor número de variables permite tener una mejor interpretación de los datos y, de esta manera, reducimos el número de los coeficientes de correlación.

El ACP trataría de hacer una representación de los 24 paisajes (landscape) y sus correspondientes 120 clases en dos dimensiones, pero contemplando todas las variables sin prescindir de ninguna de ellas en el análisis.

Este conjunto de nuevas variables incorrelacionadas, los componentes, son función lineal de las originales, y se van construyendo según el orden de importancia en cuanto a la variabilidad total que recogen de la muestra, lo que significa que tenemos unas componentes muy informativas y otras que no.

Se puede decir que cuanto mayor sea la variabilidad de los datos (varianza) se considera que existe mayor información. Esta desigualdad generada al crear los componentes nos permite elegir, entre ellas, las principales y eliminar las poco importantes. Por esta razón suele trabajarse con la matriz de correlaciones.

A partir de la matriz de correlación se procedió a la selección de los factores, donde se conservaron sólo aquellos componentes que recogen la mayor parte de la variabilidad, representados en ejes cartesianos. Estos elementos de valores altos de correlación representan los coeficientes de las variables.

Una vez aplicado el ACP en R, y generados los componentes principales se procedió a la interpretación de los mismos.

### 5.3. Resultados

#### 5.3.2. Clasificaciones Supervisadas (Índice Kappa)

El 100% de las clasificaciones realizadas presentan valores aproximados al 0.7. El 62 % de las clasificaciones supervisadas realizadas mediante algoritmo de máxima probabilidad presentan valores del índice kappa superiores al 90%.

#### 5.3.3. Coberturas y Uso de Suelo

Los resultados de coberturas y uso de suelo quedan representados por las siguientes figura 5.6. Cada una muestra la evolución, en % (porcentaje del paisaje = PLAND), que tuvo cada clase en los sitios (recortes).

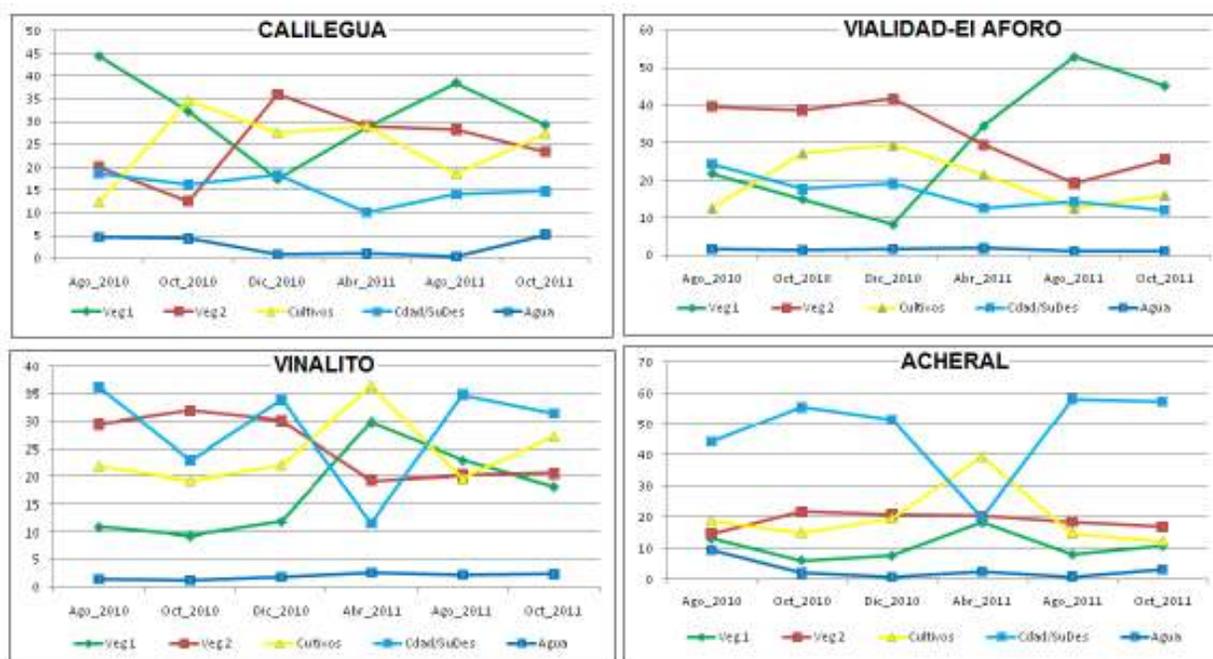


Fig. 5.6- Cambios en el porcentaje del área de cada clase en los 4 sitios:  
a) Calilegua, b) Vialidad-El Aforo, c) Vinalito, d) Acheral.

Se observa principalmente en los sitios de Vinalito y Acheral un cambio inverso entre suelo desnudo y cultivos en el mes de Abril (otoño).

#### 5.3.4. Evaluación de las métricas

##### 5.3.4.1. Área Total (CA)

Las superficies ocupadas por las coberturas “vegetación densa”, “vegetación rala” y “cultivos”, en el periodo 2010-2011, quedan representada en la Figura 5.7.

En la evolución de las clases seleccionadas, observamos que el promedio de las hectáreas de cada clase por cada sitio indica que Vialidad-Aforo presenta mayor número de ha. tanto para cobertura de vegetación densa como para vegetación rala. Además se observa

que Acheral se caracteriza por ser un área con un alto valor promedio de uso de suelo en cultivos.

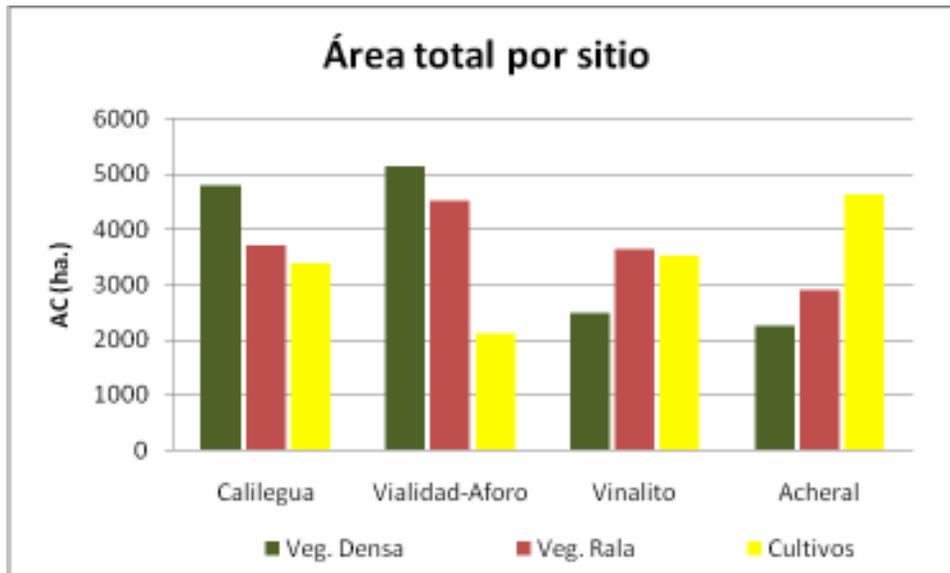


Fig. 5.7- Promedio de Área total (ha.) de 2010-2011 por cobertura.

### 5.3.4.2. Número de parches (NP)

A nivel de paisaje el sitio Calilegua fue el que presentó valores más altos en cuanto al número de parches, teniendo un comportamiento relativamente estable en el tiempo. Acheral en el mes Abril/2011, presenta un salto en el valor del índice NP (Figuras 5.8).

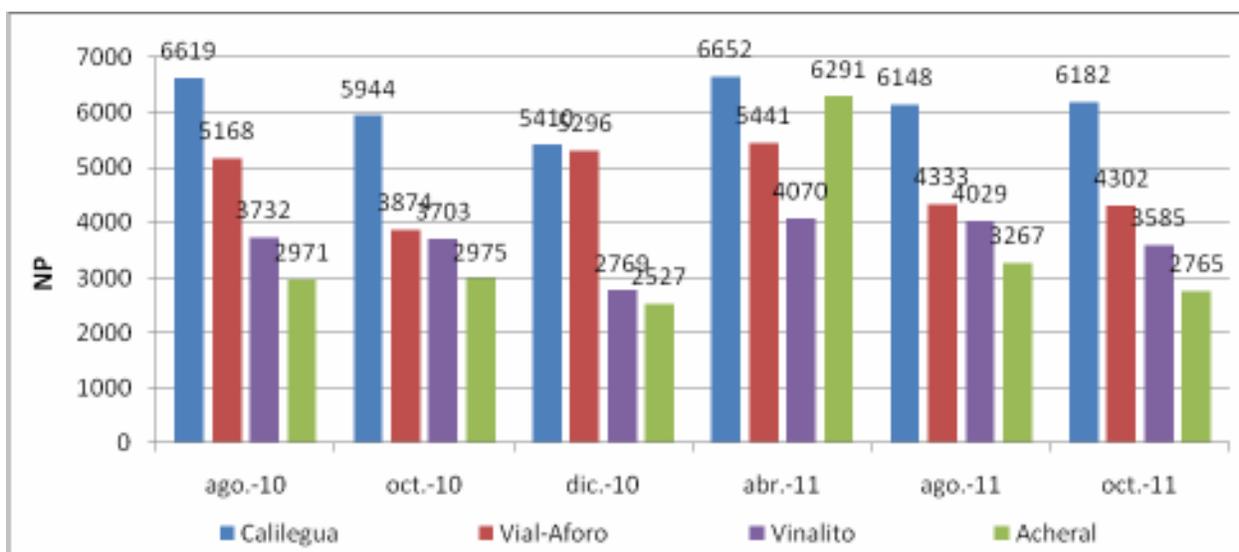


Fig. 5.8- Número de parches (NP) por sitio de muestreo durante 2010-2011.

### 5.3.4.3. Índice del parche más grande (LPI)

Este parámetro calculado a nivel de paisaje exhibe diferentes tendencias en cada localidad (Figura 5.9). En Calilegua tiende a decrecer el LPI de manera más atenuada, mientras que en Acheral tiende a crecer, ya que sus parches cada vez son más grandes. Para Vialidad-

Aforo y Vinalito no muestran una tendencia clara. El mayor valor de LPI se encuentra en Vinalito, en abril/2011 (30.97).

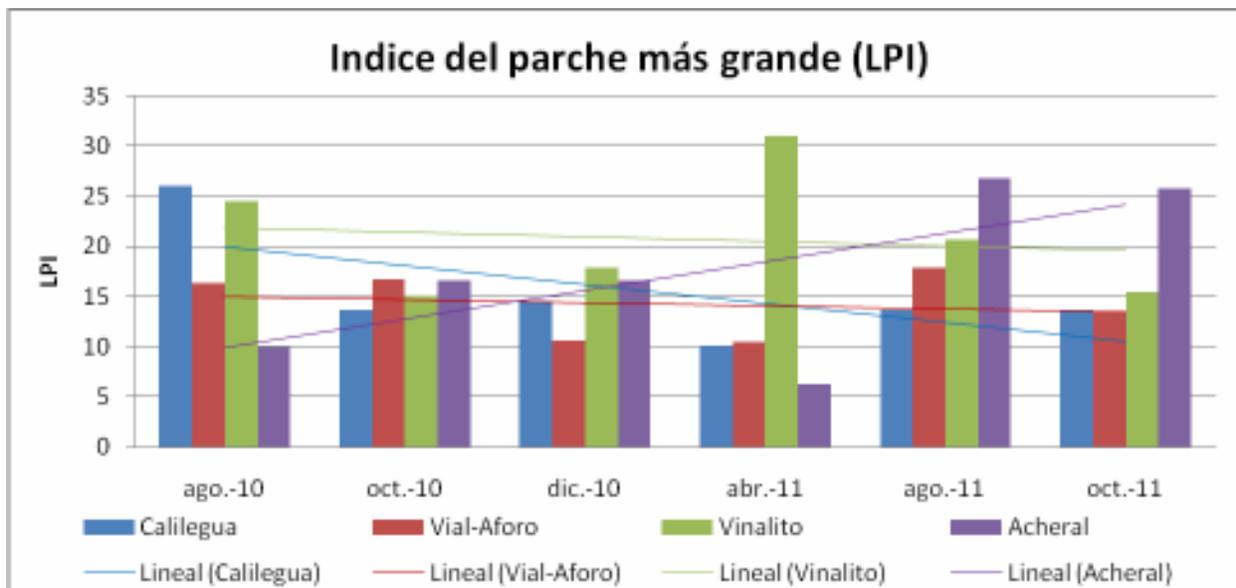


Fig. 5.9- LPI por sitios de muestreo.

#### 5.3.4.4. Borde Total (TE)

El margen total revela la distancia (en kilómetros) que tienen los parches en contacto con otras diferentes clases, y se corresponde con la medida de los perímetros de los parches. Este índice experimenta un gran aumento en el mes de Abril/2011 para Calilegua, Vialidad- Aforo y Acheral (Figura 5.10), indicando que existe una mayor densidad de parches dentro del mismo hábitat.

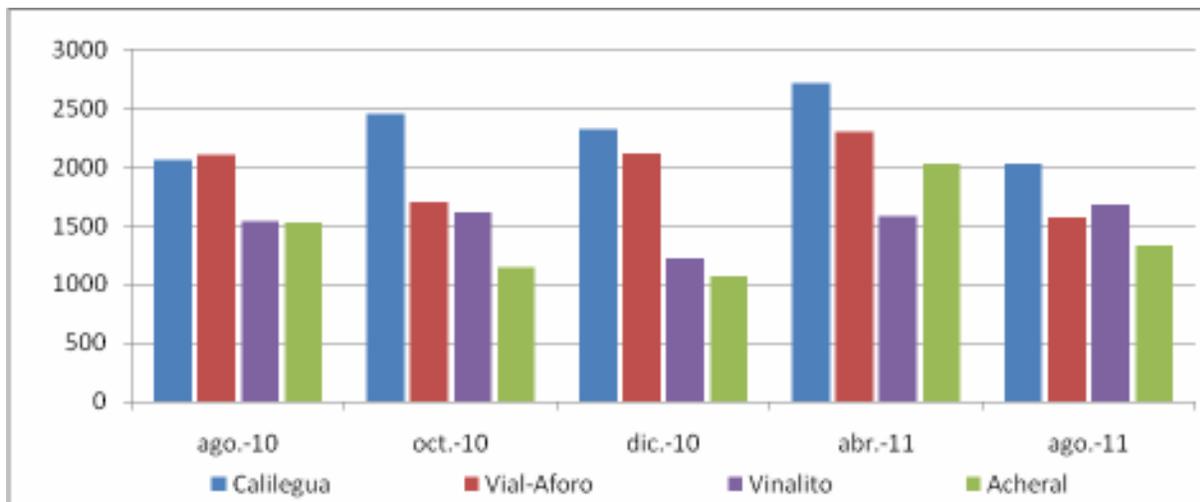


Fig. 5.10- TE por sitios de muestreo.

#### 5.3.4.5. Índice de Forma (SHAPE)

Cuando el fragmento se acerca a 1 es más compacto, a medida que aumenta el valor el fragmento es mucho más irregular (McGarigal et al., 2002). A nivel de paisaje, durante los meses considerados, los sitios Vialidad-Aforo y Vinalito fueron los que presentaron mayor valor promedio de índice (SHAPE medio=1.29).

La desviación estándar del índice de forma es menor cuando la cantidad de fragmentos (NP) es más reducida. Otra situación presenta el sitio de Calilegua, ya que presenta valores altos de Desviación Estándar en relación a los otros sitios (Tabla 5.2).

Tabla 5.2 – Desviación Estándar de la forma de los parches o fragmentos.

<b>SHAPE_SD</b>	Ago-10	Oct-10	Dic-10	Abr-11	Ago-11	Oct-11
Calilegua	0.7481	<b>0.9437</b>	0.9365	1.0724	0.7777	0.7757
Vial-Aforo	0.858	0.8451	0.8309	0.8894	0.6861	0.7438
Vinalito	0.7783	0.8399	0.7243	0.7062	0.7588	0.7626
Acheral	0.8796	0.6485	0.67	0.6835	0.7317	0.6244

A nivel de clases, Calilegua presenta un comportamiento distinto al resto de los sitios, muestra coberturas de vegetación, tanto densa como rala, con formas irregulares pero estables a lo largo del periodo analizado. Los otros sitios presentan cambios de formas irregulares con una dinámica variable entre las clases.

#### 5.3.4.6. Dimensión fractal medio (FRAC)

El FRAC puede variar de 1 (perímetros simples) a 2 (perímetros complejos). La dimensión del fractal está íntimamente relacionada al cambio del TE de los parches a nivel de paisaje.

Los valores medios de la dimensión de los fractales muestran en los cuatro sitios de muestreo perímetros simples, con una mayor dinámica en Calilegua y Acheral con respecto a los sitios de Vialidad-Aforo y Vinalito. Éstos últimos con valores promedios más altos (FRAC=1.05). El sitio Acheral presentó mayor valor de FRAC en el mes de Agosto (1.0511). Los valores de los fractales a nivel de paisaje se representan en la Figura 5.11.

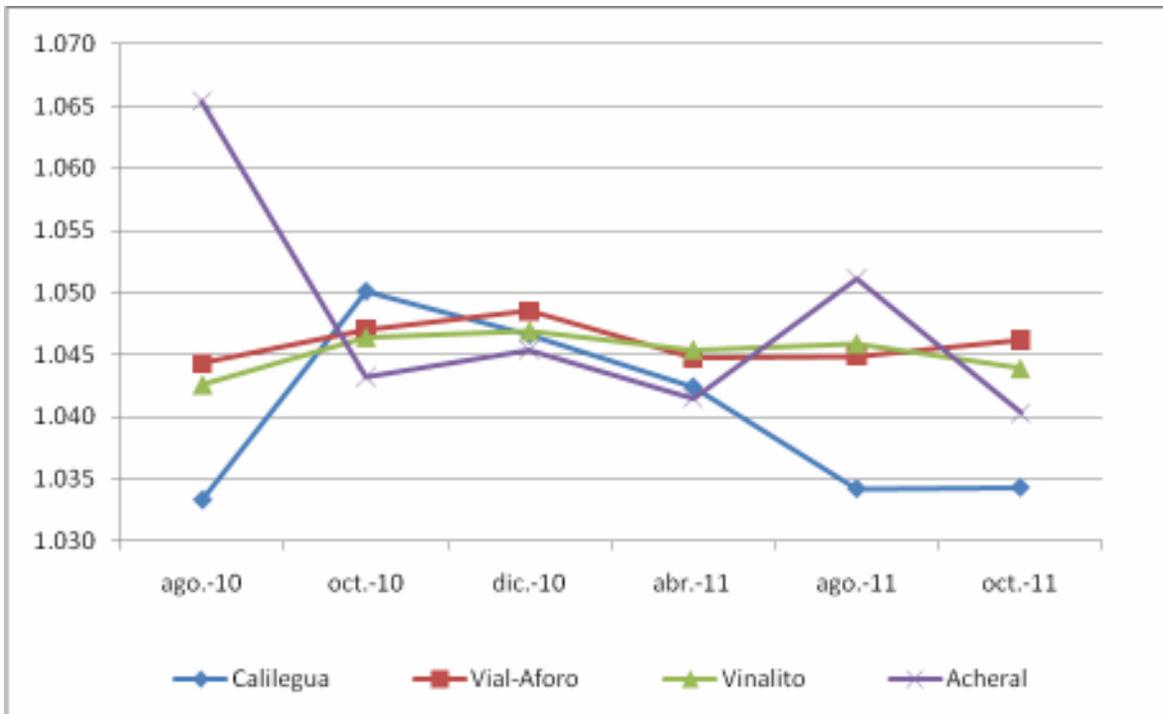


Fig. 5.11- Fractales por cobertura durante 2010-2011.

### 5.3.4.7. Distancia media al vecino más cercano (ENN)

Los índices de proximidad miden el grado de aislamiento entre los parches de un mismo tipo de cobertura (Farina, 1998) mediante geometría euclidiana, es decir, la distancia más corta en línea recta entre dos puntos (McGarigal et al., 2002). Se trata de una distancia promedio entre los parches más cercanos de la misma clase de ecosistema (Figura 5.12).

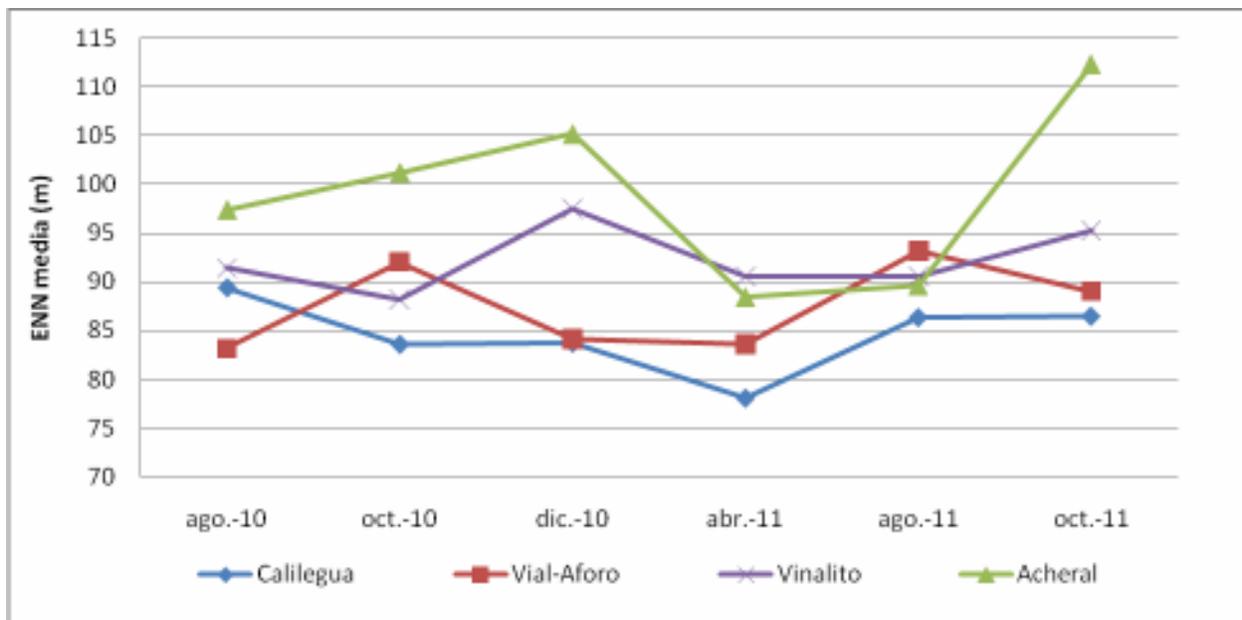


Fig. 5.12- Distancia media al vecino más cercano (metros) por cobertura durante 2010-2011.

### 5.3.4.8. Índice de equidad de Shannon (SHEI)

El índice de Shannon es una medida de la equidad presente entre el área de diferentes tipos de clases aplicada a nivel de paisaje. Representa la distribución proporcional de las diferentes clases en un paisaje.

El índice de equidad se incrementa desde 0 a medida que disminuye el número de fragmentos de diferentes tipos de cobertura en un paisaje. Las localidades de Acheral y Vialidad-Aforo, en Agosto/2011 presentaron valores de 0.71 y 0.77 respectivamente (Figura 5.13).

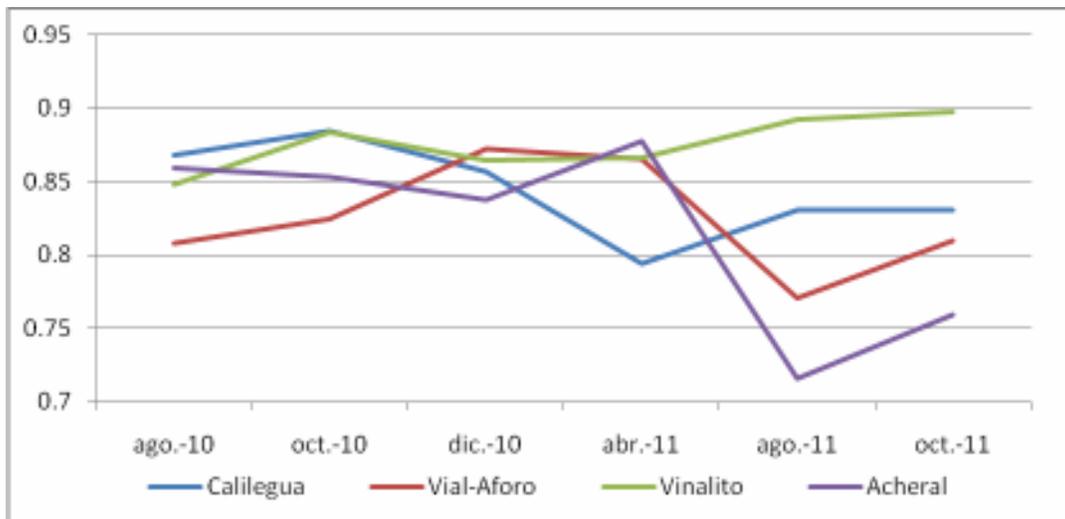


Fig. 5.13- Índice de Equidad de Shannon por sitio durante 2010-2011.

A nivel de paisaje, el índice de Shannon durante el periodo analizado, indica que la localidad de Vinalito presenta el valor más estable y uniforme (Figura 5.14).



Fig. 5.14- Promedio de Equidad de Shannon por sitio.

En la siguiente figura se resumen aquellas métricas más representativas, a nivel de clases, para el sitio de mayor interés, Vinalito, y como contraparte Calilegua como sitio de control.

Vale destacar la pérdida de un gran parche de vegetación densa en Calilegua durante Agosto de 2010 (Figura 5.15).

Los cambios que se producen en las coberturas de interés durante Agosto/2010 y Octubre/2011, para cada sitio de muestreo, representan gráficamente una relación inversa en la longitud de las zonas de contacto entre cultivos y las otras coberturas (vegetación densa y rala), con lo que queda claro el avance de los cultivos sobre la vegetación en la región analizada (Figura 5.15).

A partir de la distancia media entre los parches más cercanos (ENN) se observa que las localidades de Vinalito y Acherai presentan un paisaje más fragmentado. El sitio menos fragmentado fue Calilegua (Figura 5.15).

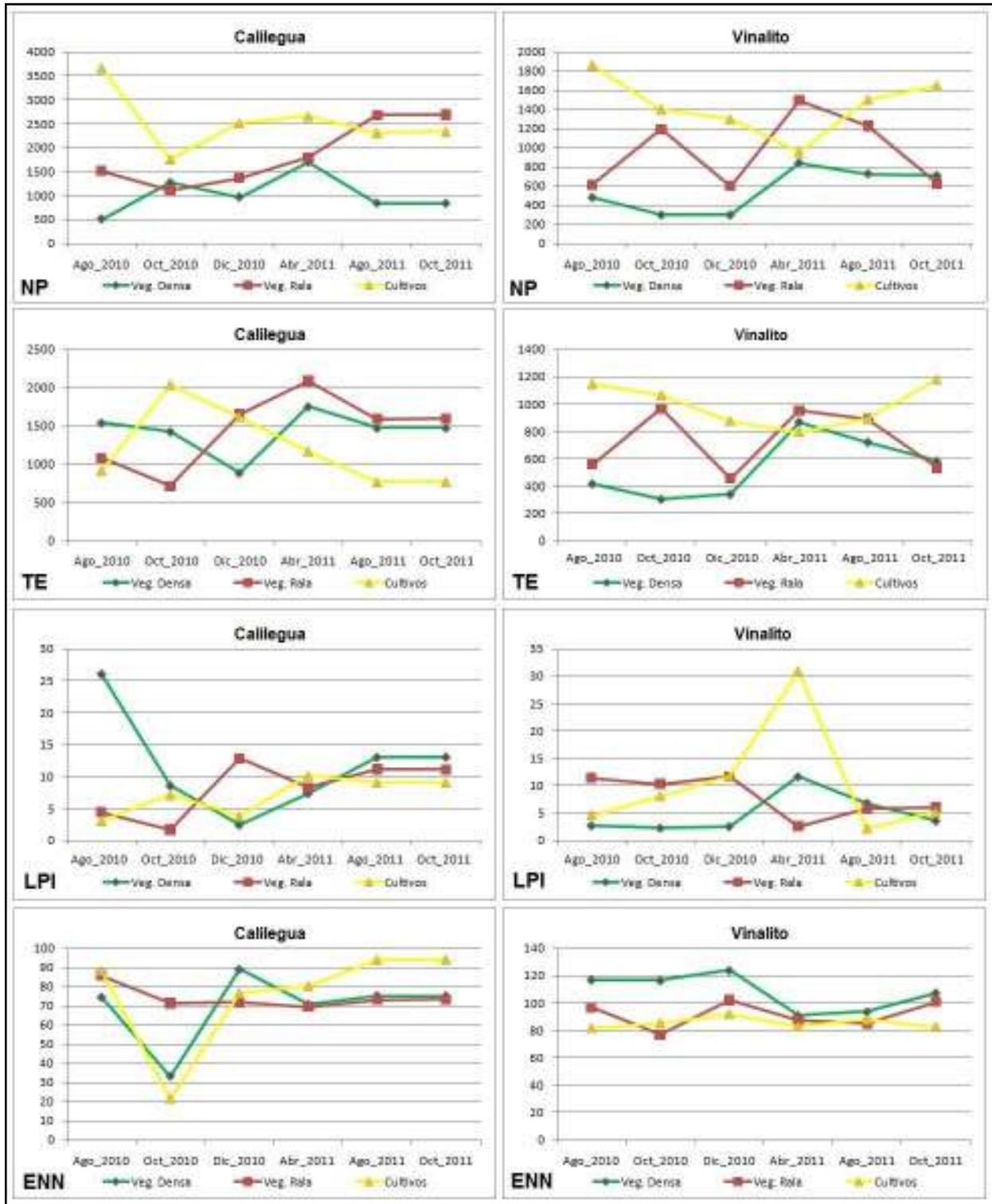


Fig. 5.15- Evolución de las métricas más representativas, según ACP, en Callegua y Vinalito.

### 5.3.5. Análisis de Componentes Principales (ACP)

Las diferentes métricas del paisaje obtenidas son variables numéricas, de modo que, a través del Análisis de Componentes Principales uno se plantea si podrán crearse variables donde: Cada agrupación contenga variables entre sí correlacionadas, es decir que nos den el mismo tipo de información, y que Los grupos entre sí sean independientes, es decir, nos aporten información distinta. A estos nuevos grupos se los llama ejes o componente principal 1 (CP1), CP2, etc.

Por lo que se generó una matriz de correlación dando como resultado las variables que presentan altos niveles de correlación. Ellas fueron, en orden jerárquico, SHAPE\_MN&FRAC\_SD (0.9408) y NP&TE (0.928).

A partir del análisis de correlación, se generaron los componentes principales (CP), los dos primeros componentes explican el 92% de la variabilidad de los datos, es decir, de la varianza de las variables originales (Tabla 5.3).

Tabla 5.3- Componentes Principales.

Importance of components:		
	PC1	PC2
Standard deviation	0.2070	0.1231
Proportion of Variance	0.6793	0.2403
Cumulative Proportion	0.6793	0.9196

Para identificar a que componente corresponde cada variable y asignarle un nombre a cada componente en función de las variables que agrupa, se lo representa en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4- Variables que conforman cada CP.

	PC1	PC2
NP	<b>-0.60224569</b>	0.30157054
LPI	0.45354752	<b>0.86811054</b>
TE	<b>-0.53139455</b>	0.15984733
SHAPE_MN	0.00130774	<b>-0.01270192</b>
SHAPE_SD	<b>-0.05261402</b>	-0.00039447
FRAC_MN	-0.01390808	<b>0.12662321</b>
FRAC_SD	-0.00078513	<b>-0.00094581</b>
ENN_MN	<b>0.14966327</b>	-0.07618361
ENN_SD	<b>0.35113605</b>	-0.3268367
COHESION	0.00352723	<b>0.00797375</b>
DIVISION	-0.01433346	<b>-0.0224591</b>
SHDI	-0.0167309	<b>-0.01857872</b>
SHEI	-0.00756199	<b>-0.01236821</b>

De acuerdo a las variables que agrupa cada componente, decimos que:

- ◆ El primer componente se encuentra relacionado principalmente con la composición, pero también con la configuración. Se lo puede etiquetar como nivel de -fragmentación- con valores

altos en el número de parches (NP) y el borde (TE) que tienen en contacto entre los distintos parches, indicando cambios en el origen, la estructura y composición de los hábitats.

♦ El segundo componente se encuentra relacionado al tamaño y forma. Se lo puede etiquetar como la -complejidad- de la forma de los parches en el paisaje, y tiene pesos altos en las variables -índice del parche más grande- (LPI) e -índice de dimensión del fractal- (FRAC\_MN).

A continuación se analiza gráficamente que características definen a cada elemento de nuestra muestra. Mediante el gráfico biplot (Figura 5.16) se representa la combinación de las observaciones y las variables.

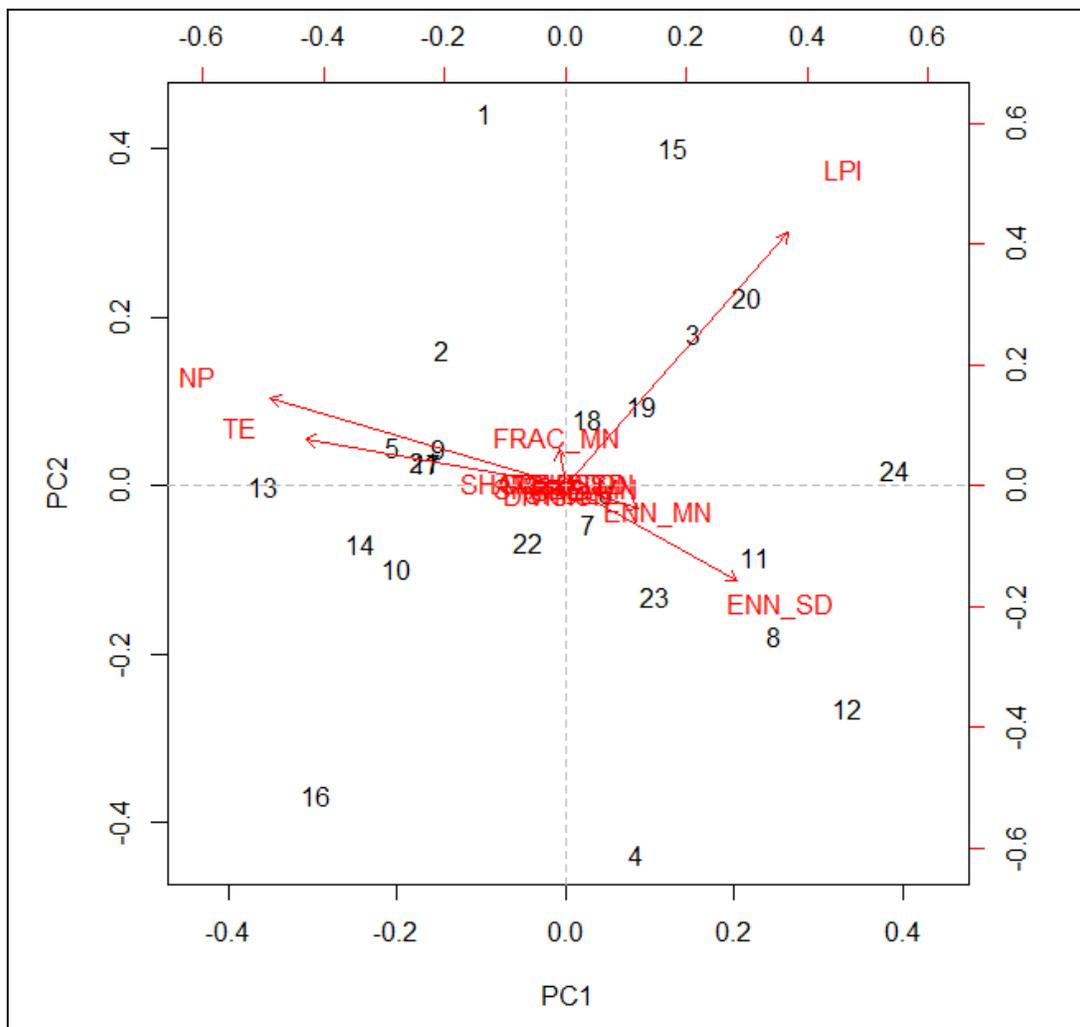


Fig. 5.16 – Gráfico biplot que combina las 24 observaciones (= sitios/mes) con las métricas.

Como puede observarse la primera componente principal (PC1) separa ENN\_SD del resto de las variables, por lo que la mayor variabilidad es explicada por esta. En la figura 5.16, se observa las métricas con mayor variabilidad, que son LPI, NP y ENN\_SD. El coseno del ángulo conformado entre éstos vectores da una aproximación de la correlación entre las mismas. Así el número total de parches (NP) y el largo total de bordes (TE) están muy

correlacionados entre sí, pero tiene una alta influencia en el primer componente, mientras que el tamaño del parche más grande (LPI) da una información complementaria acorde a la ecología del paisaje. Mayores números de parches, llevan a que el tamaño del parche mayor tenga altas probabilidades de ser más pequeño. Otra información adicional aporta la distancia al vecino más cercano y la variación de esta métrica en cada paisaje (la variabilidad, representada por desvío estándar, en este caso). En el primer cuadrante observamos que todos los puntos que se encuentran aquí tienen valores positivos. Las observaciones 3, 18, 19 y 20 son muy semejantes entre sí, y se caracterizan principalmente por el LPI. La observación 15 está mejor representada por PC2, y se caracteriza, por lo tanto, por LPI como por NP.

En el segundo cuadrante, las observaciones 5, 9, 13, 17 y 21 son muy semejantes entre sí y se caracterizan por NP. Estas 5 observaciones son de la localidad de Calilegua en los diferentes tiempos. Las observaciones 1 y 2 se caracterizan por LPI y NP.

Las observaciones que se encuentran en el tercer cuadrante no tienen mayor representatividad en los PC1 y PC2, aun así se encuentran caracterizados por NP y ENN\_SD. Las observaciones 10, 14 y 22 corresponden a Vialidad-Aforo y tienen información muy similar.

Finalmente, en el cuarto cuadrante las observaciones 4, 7, 8, 11, 12 y 23, corresponden a distintas estaciones de las localidades de Acheral y Vinalito por su cercanía al vector ENN\_SD quedan caracterizados por éste.

Tabla 5.5- Observaciones correspondientes al ACP.

SITIOS/estación	Observaciones
Calilegua_AGOSTO/2010	1
Vialidad-Aforo_AGOSTO/2010	2
Vinalito_AGOSTO/2010	3
<u>Acheral_AGOSTO/2010</u>	<u>4</u>
Calilegua_OCTUBRE/2010	5
Vialidad-Aforo_OCTUBRE/2010	6
Vinalito_OCTUBRE/2010304	7
<u>Acheral_OCTUBRE/2010</u>	<u>8</u>
Calilegua_DICIEMBRE/2010	9
Vialidad-Aforo_DICIEMBRE/2010	10
Vinalito_DICIEMBRE/2010	11
<u>Acheral_DICIEMBRE/2010</u>	<u>12</u>
Calilegua_ABRIL/2011	13
Vialidad-Aforo_ABRIL/2011	14
Vinalito_ABRIL/2011	15
<u>Acheral_ABRIL/2011</u>	<u>16</u>
Calilegua_AGOSTO/2011	17
Vialidad-Aforo_AGOSTO/2011	18
Vinalito_AGOSTO/2011	19
<u>Acheral_AGOSTO/2011</u>	<u>20</u>
Calilegua_OCTUBRE/2011	21

Vialidad-Aforo_OCTUBRE/2011	22
Vinalito_OCTUBRE/2011	23
<u>Acheral_OCTUBRE/2011</u>	<u>24</u>

#### 5.4. Discusión

Las coberturas y uso de suelo observadas en los sitios de Vinalito y Acheral se caracterizan por presentar un paisaje con presencia equitativa de los diferentes tipos de cobertura, modificado mediante la fragmentación producida por las actividades antrópicas. Presentan alto porcentaje de la clase -ciudad/suelo desnudo. Por conocimiento del área, esto se debería principalmente al crecimiento urbano en la región y el abandono de tierras cuyo uso fue en un principio rural o para cultivos, o bien, aquellas áreas que ya fueron cultivadas dejando los suelos sin vegetación. Por el contrario los sitios de Calilegua y Vialidad-Aforo tienen una mayor proporción de Vegetación densa y rala, más relacionado a ambientes naturales con menor intervención humana.

En Vinalito y Acheral se registraron cambios inversos entre suelo desnudo y cultivos en el mes de Abril/2011, como ya se dijo anteriormente, estas alteraciones influyen en el aumento de la población del vector y siendo la estación de verano-otoño la época de mayor transmisión del parásito, estos sucesos aumentan el riesgo de contacto efectivo en la comunidad poniendo en riesgo a la población expuesta (Salomón et al., 2008, Quintana et al., 2012). Esto pudo haber influido en el aumento de los casos notificados registrados en el año 2012 en el departamento de Santa Bárbara donde la mayor cantidad de casos pertenece a la localidad de Vinalito, como se señaló en el capítulo 3.

Si bien el periodo considerado es breve para indagar sobre la dinámica de las clases en el tiempo, podemos mencionar que las clases con mayor dinámica fueron las clases vegetación densa, vegetación rala y cultivos. Además, es importante destacar la regeneración de cobertura boscosa, durante Abril-Octubre del 2011, en el sitio de Vialidad-Aforo.

A nivel de paisaje, el mayor número de parches se registraron en Abril/2011 en los cuatro sitios muestreados. Vinalito se caracteriza por un menor número de parches y borde, cuya longitud es inferior a las otras localidades. Por el contrario, Calilegua presenta un mayor número de parches, mayor vegetación densa y menor largo de borde de la clase cultivo. Mientras que a nivel de clases existe un peculiar comportamiento de la clase cultivos en Vinalito con un alto nivel de fragmentación.

Considerando que a medida que aumenta el tamaño del parche disminuye el grado de partición, Calilegua presenta una disminución gradual durante este periodo, lo que indica una tendencia a presentar un mayor grado de partición en su paisaje. En cambio Acheral presenta un aumento gradual en el tamaño de sus parches, esto puede deberse a la consolidación de los cultivos en la región.

Si bien a nivel de paisaje Vinalito no presenta una tendencia marcada, si lo hace a nivel de clases. Vinalito presenta el parche de mayor tamaño en Abril/2011 correspondiente a la clase cultivos, y una marcada disminución de LPI de las coberturas vegetales a fines del periodo evaluado, lo que refleja un alto grado de fragmentación.

Analizando las clases se observó una relación inversa en la longitud de los bordes entre los cultivos y las coberturas de vegetación, tanto rala como vegetación densa.

Los sitios que presentaron menor longitud de borde, lo que se relaciona con un menor número de parches, fueron Vinalito y Acherai. Esto puede deberse a que presentan una mayor proporción de ha. de cultivos respecto a las ha. de vegetación, considerando que las superficies de los cultivos presentan formas más regulares. Es importante resaltar que en Abril/2011 Vinalito presentó un alto valor de borde total.

Por lo general, este aumento del margen total dentro del paisaje viene a significar un mayor efecto margen, del que se benefician las especies como *Ny. neivai* debido a la capacidad de adaptación a estas zonas intermedias entre dos o más parches, pero reduciendo la proporción de las áreas centrales de cada parche. Si consideramos 100 metros o más de distancia desde el borde del parche, la abundancia relativa de flebotomos dentro del bosque parece ser más estable que en zonas modificadas (Quintana et al., 2010, 2012), la variable TE podría ser un buen indicador de patrones de población con dinámicas naturales, como por ejemplo, de la especie *Mg. migonei* que si bien acompaña a la principal especie, en zonas más heterogéneas se encuentran en menor abundancia relativa.

En este sentido, el “borde” puede producir un efecto de aumento o disminución de la diversidad local por incrementar la longitud de los ecotonos, e incluso pueden aumentar o disminuir la transmisión de LC cuando los nuevos ecotonos son creados por la deforestación, y más aún cuando los asentamientos humanos y animales domésticos situados cerca de estos bordes proporcionan una fuente de sangre (Quintana et al., 2010).

La localidad de Calilegua presenta parches mucho más compactos, por el contrario, Vinalito presentó mayor cantidad de formas irregulares a nivel de paisaje durante los meses considerados.

Por lo enunciado anteriormente, Vinalito presenta un paisaje con TE bajo pero con formas irregulares en sus parches, lo cual es contradictorio, debido a que al tener estas formas irregulares, tienen un perímetro más largo por unidad de área, razón por la cual existe una mayor interacción con el medio circundante (Forman, 1995).

A nivel de clases se observa que Calilegua presenta un comportamiento distinto al resto de los sitios, aquí las coberturas de vegetación, tanto densa como rala, presentan formas irregulares pero estables a lo largo del periodo analizado. En el caso de los otros sitios de estudio se presentan cambios de formas con variabilidad entre las clases.

Mandelbrot (1982) menciona sobre la importancia de fractales para los ecólogos por su habilidad en resumir la complejidad y heterogeneidad de una distribución espacial o temporal en único valor, de los cuatro sitios muestreados, Vinalito presentó valores promedios más altos. Si bien se alejan poco del valor 1, son lo que presentaron una mayor complejidad de la forma euclídea. Mientras que los cambios ocurridos en los perímetros en Calilegua se deben principalmente a la dinámica que presenta el Río San Lorenzo, pero sobre todo a las diversas formas que presentan los cultivos de cañaverales.

Al parecer la localidad de Vinalito presenta un paisaje cuyos parches de igual clase se encuentran muy distanciados uno de otros, lo que da indicios de la fragmentación que presenta Vinalito en su paisaje.

Al considerar los valores promedios de cada una de las clases, Vinalito presenta altos valores ENN para la clase vegetación densa, lo que reflejaría el grado de fragmentación y separación entre los parches de igual clase. Mientras que en Calilegua las coberturas cultivos y

vegetación rala presentan altos valores de ENN, lo que indicaría que la clase de vegetación densa (cobertura boscosa) es más compacta.

Vinalito durante el periodo de tiempo considerado fue la localidad que presentó una distribución proporcional más uniforme de las diferentes clases en un paisaje, confirmado por un bajo NP. Lo que es congruente por lo concluido por Quintana et al. (2010), pequeños cambios a nivel de paisaje producen un aumento inmediato en la abundancia de los flebótomos.

Al igual que lo expuesto por McGarigal y Marks (1995), las métricas elegidas han mostrado ser indicadores útiles y precisos de los aspectos fundamentales de la estructura espacial en distintos tipos de paisajes, salvando las dificultades, observando antes de analizar las métricas las correlaciones que se presenten entre ellas (McGarigal et al., 2002).

La implementación del análisis de componentes principales contribuyó en éste trabajo a solucionar ésta dificultad, indicando aquéllas que brindaron una mayor información y menor redundancia (McGarigal y Marks, 1995). Las variables resultantes facilitaron la interpretación de las múltiples métricas de paisajes que pueden obtenerse.

El ACP permitió ver la separación espacial de las localidades principalmente, en las estaciones del año, donde, salvo algunas observaciones, agrupó a Vinalito y Acherai, mientras que Calilegua y Vilalidad-Aforo no se asociaron. Esta agrupación pudo constatarse también en las variables que más explicaron en los modelos que se plantean en el siguiente capítulo.

## **Capítulo 6. ABUNDANCIA DE VECTORES: RELACION CON PAISAJES MODIFICADOS Y LA PRESENCIA DE CASOS DE LC**

Para este último Capítulo, se plantea como objetivo determinar si hay asociación entre la abundancia de vectores tomados como indicador de riesgo, la abundancia de casos (Capítulo 3) y los cambios observados en el uso y/o cobertura del suelo.

### **6.1. Introducción**

En los capítulos previos se describieron los casos notificados en la provincia de Jujuy desde el primer brote en el año 1985, hasta el 2015. Este periodo presentó dos momentos epidémicos de importancia 1986 a 1990 y 2002 a 2005.

A partir de la información obtenida del análisis epidemiológico, se describió la evolución de los cambios de uso de suelo y cobertura entre los años 1998 y 2006, teniendo en cuenta que en el año 2002 se registró el mayor número de casos de LC notificados.

En el presente capítulo abordaremos la asociación que puede llegar a existir entre la abundancia del vector responsable de la transmisión del parásito que produce la leishmaniasis con el número de casos de LC y los cambios que ocurren en el ambiente.

La degradación del ambiente provocada por acciones antropogénicas, como la deforestación de la vegetación primaria-secundaria para permitir la expansión de las ciudades y/o cultivos, se encuentra asociada al resurgimiento de la LC (De Luca et al., 2003; Quintana et al., 2010).

La urbanización desordenada como la expansión de la frontera agrícola, tanto a grande o pequeña escala, implican la deforestación de la vegetación secundaria en la periferia de las ciudades y el posible aumento del contacto humano-vector como resultado de alteraciones en la dinámica de población de vectores, dando lugar a una mayor abundancia de estos insectos vectores y reservorios potenciales en las áreas de frontera o de la interfaz (Salomón et al., 2008; Quintana et al., 2010). A su vez, las prácticas agrícolas influyen en el uso de la tierra y la disponibilidad de animales que pueden servir de fuente alimenticia a los mosquitos (Parras-Henao, 2010).

La abundancia relativa de flebótomos dentro del bosque es menor y más estable que en zonas modificadas. En el trabajo realizado por Quintana et al. (2010), se encontró que pequeñas modificaciones del paisaje (registro de la deforestación) producen un aumento inmediato en la abundancia de flebótomo.

En el trabajo de De Luca et al. (2003) se detectaron diferencias en la abundancia y la diversidad de flebótomos, incluso dentro del mismo fragmento, entre los bordes enfrentados a pastos y aquellos enfrentados con bosques secundarios. Mientras que en el trabajo de Quintana et al. (2010), demostraron que en el caso de aquellas capturas realizadas en la vegetación primaria modificada, la abundancia y composición de las diferentes especies de flebótomos estuvo influenciada por la proximidad a las zonas de cultivo o cambios en el paisaje, con mayor diversidad y menor abundancia en áreas menos modificadas y mayor abundancia de la principal especie incriminada en la transmisión en áreas alteradas.

### 6.1.1. Especies incriminadas en la región

La especie incriminada como vector del parásito responsable de la LC en el noroeste es *Nyssomyia neivai* (Córdoba-Lanús et al., 2006), especie adaptada a ambientes modificados, su dinámica anual es bimodal con picos en primavera y otoño (Salomón et al., 2002 a - b; Salomón et al., 2008; Quintana et al., 2010; Fuenzalida et al., 2011). Como especie secundaria se registra a *Migonemyia migonei*, responsable de mantener la circulación parasitaria en las áreas más conservadas (Salomón et al., 2008, 2010).

## 6.2. Materiales y Métodos

### 6.2.1. Muestreo de Flebótomos

Se realizó en el marco del Proyecto Fondos Concursables ANLIS -Dr. Carlos G. Malbrán (FOCANLIS 2009) -Desarrollo de estrategias de vigilancia horizontalizada y mapas de riesgo de vectores de las leishmaniasis tegumentaria y visceral en las regiones del NOA, NEA y Chaqueñall, donde se participó activamente en la colecta e identificación de los flebótomos.

#### 6.2.1.1. Trabajo de Campo

Las capturas de Phlebotominae se realizaron de forma sistemática, estandarizada y simultánea. Se utilizaron mini trampas de luz tipo CDC (Centers for Disease Control and Prevention) (Sudia & Chamberlain 1962), las que se colocaron en los peridomicilios, a una distancia de aproximadamente 50 metros desde la vivienda y ubicadas bajo cobertura vegetal a 1,5 m del suelo (Figura 5.3).



Fig. 5.3- Trampas tipo CDC.

El material recolectado comprende insectos de diversos órdenes por lo cual, en primera instancia se sacrificaron con acetato de etilo y posteriormente se separaron de la muestra a los representantes de la subfamilia Phlebotominae mediante lupa estereoscópica o a simple vista. Los adultos se colocaron en cápsulas de Petri con papel secante embebido en ácido fénico para evitar que proliferen hongos hasta su traslado al laboratorio.

#### **6.2.1.2. Trabajo de Laboratorio**

Para la identificación de los ejemplares se realizaron procesos de clarificación (hidróxido de potasio), tinción (fucsina acida) y conservación (Eugenol) hasta su montaje definitivo. Posteriormente se procedió a identificarlos a nivel de especie para obtener la base de datos entomológicos.

La clasificación taxonómica se efectuó bajo microscopio óptico, siguiendo las claves de Galati (2003). Los caracteres taxonómicos de mayor relevancia en la clasificación son la genitalia, tanto de hembras como de machos, y el cibario en el aparato bucal de las hembras de Phlebotominae.

#### **6.2.2. Análisis de los datos**

##### **6.2.2.1. Caracterización de los sitios por estación según especies**

Para saber cuáles son los sitios y ambientes con mayor abundancia y en consecuencia mayor riesgo de transmisión, se realizó un análisis estadístico bivariado (Test de CHI- cuadrado), para ver si hubo diferencias significativas entre la estación del año, los sitios y las especies. Se sabe además que en verano-otoño, es la época de mayor riesgo de transmisión del parásito (Salomón et al., 2008, Quintana et al., 2012).

##### **6.2.2.2. Relación entre las métricas y abundancia de flebótomos**

Al realizar el cruzamiento de los datos entre la abundancia de flebótomos y los sitios (recortes clasificados), el número de sitios u observaciones quedó reducido de 24 a 16, debido a la correspondencia entre las fechas de las bases de flebótomos y las métricas.

Para determinar las relaciones entre la abundancia de especies con las características estructurales y/o composición del paisaje, se utilizaron modelos lineales generalizados (MLG), los cuales manejan datos con distintas distribuciones de los residuos (Bolker et al., 2009).

Para la construcción y análisis de los modelos predictivos se utilizó el método de la teoría de información. Este método consiste en determinar a priori el conjunto de modelos candidatos a considerar. Cada modelo candidato representa una hipótesis biológica plausible de acuerdo con el conocimiento del sistema en estudio, en este caso los modelos se basaron en como las características del paisaje pueden influir en las abundancias analizadas (Anderson et al., 2000; Burnham & Anderson, 2002 y Hobbs & Hilborn, 2006).

En los modelos candidatos se incluyeron las variables independientes cuyos valores de correlación fueron cercanos a cero (Figura 5.17).

### 6.2.2.2.1. Selección del modelo

La autocorrelación espacial en la variable cruda y los residuos de los modelos fueron verificados con el software SAM.

Se seleccionó el modelo más ajustado a los datos propuesta mediante el Criterio de Información de Akaike corregido para muestras pequeñas (AICc); AICc es una medida de la cantidad de información (K) que se pierde al sustituir una colección de datos reales por un modelo más sencillo que los describe: es más plausible el ajuste de los datos al modelo con la menor pérdida de información (el menor valor AICc).

Para comparar los modelos se usaron las dos medidas asociadas al AICc: Delta AICc ( $\Delta AICc$ ) y el peso de Akaike (AICcWt). El delta AICc ( $\Delta AICc$ ), es una medida de cada modelo en relación con el mejor modelo. Como regla general, valores de  $\Delta AICc < 3$  sugiere evidencia sustancial para el modelo, los valores entre 3 y 7 indican que el modelo tiene mucho menos apoyo, mientras que un  $\Delta AICc > 10$  indica que el modelo es muy poco probable (Burnham & Anderson, 2002: 70; Hamer & Parris, 2011).

El "peso" de Akaike se puede interpretar como la probabilidad de que el modelo en cuestión sea el mejor del conjunto evaluado. Es una medida que proporciona información sobre la fuerza de la evidencia para cada modelo, y representan la relación entre el valor de  $\Delta AICc$  de un modelo dado en relación con el conjunto de modelos candidatos. Además, se puede comparar los pesos de Akaike del "mejor" modelo y modelos de la competencia para determinar en qué medida es mejor que otro. Estos se denominan coeficientes de pruebas ( $\epsilon_{ij}$ ) y se calculan como el cociente entre los pesos de Akaike de los modelos a comparar (Burnham & Anderson, 2002: 302; Mazerolle, 2015).

Las estimaciones de los modelos nos indican la relación y magnitud que poseen las variables independientes con las variables respuesta, si el valor estimado es positivo, indica que la relación es positiva y el valor del mismo da una idea de la magnitud de dicha relación. Lo mismo sucede si el valor del estimador es negativo, la relación es negativa. (Burnham & Anderson, 2002). Los intervalos de confianza nos indican la magnitud, los más estrechos indican estimaciones más precisas. El efecto es diferente de 0 (es decir, existe un efecto fuerte) cuando el intervalo de confianza excluye 0 (Mazerolle, 2015).

Todos estos análisis fueron realizados con el paquete AICcmodavg (Mazerolle, 2015) del proyecto de software libre R script. Versión 3.2.2.

Para observar la bondad de ajuste del modelo de regresión logística, es decir cuánto se ajustan los datos al modelo seleccionado se realizaron dos análisis, primero, el análisis de Nagelkerke  $R^2$  (Nagelkerke, 1991) y, segundo, el "pseudo R".

El primer análisis nos da una idea del poder de explicación del modelo. Teniendo en cuenta que el valor máximo es 1 podemos decir que un coeficiente alto nos indicaría, que un importante porcentaje de la varianza es explicada por las variables predictoras introducidas en el modelo. Para este análisis se usó el paquete fmsb (Nakazawa, 2010) del proyecto de software libre R script. Versión 3.2.2.

El análisis de pseudo R, de manera global podemos definirlo como el cociente entre las predicciones correctas y la frecuencia total. Cuanto más se explica la variabilidad, mejor es el modelo.

### **6.2.2.3. Relación entre abundancia de flebótomos y casos**

La asociación entre las variables abundancia de flebótomos y los casos de LC fue determinada por el coeficiente de correlación de Spearman. Si bien es un análisis meramente exploratorio, se consideró por la confiabilidad de la procedencia de los datos (Dr. Ripoll).

### **6.2.2.4. Relación entre métricas y casos**

Las métricas que conforman el modelo seleccionado en el punto anterior fueron correlacionadas con los casos registrados en los tres departamentos de la Provincia de Jujuy mediante el coeficiente de correlación de Spearman.

## **6.3. Resultados**

### **6.3.1. Especies incriminadas en la región y su caracterización en los sitios por estación**

Se capturaron un total de 11.676 individuos. Se registró la presencia de *Ny. neivai* (91.84%), *Mg. migonei* (7.39%) y complejo *Ev. cortelezzii-sallesi* (0.77%). Debido a la baja abundancia de ejemplares capturados del complejo *cortelezzii*, no se la incluyó en los análisis estadísticos del presente trabajo.

Se presentaron diferencias significativas en la abundancia entre los sitios y las estaciones del año ( $p < 0.01$ ). La abundancia de *Ny. neivai* fue mayor en la estación de verano (46.6%) y otoño (40.4%); comportamiento similar presenta *Mg. migonei*, en verano (54.5%) y otoño (30.9%).

El sitio con mayor abundancia de flebótomos, para ambas especies, fue Vinalito (69%). La figura 5.5, muestra las abundancias relativas de cada sitio para las especies estudiadas durante las estaciones del año de mayor abundancia.

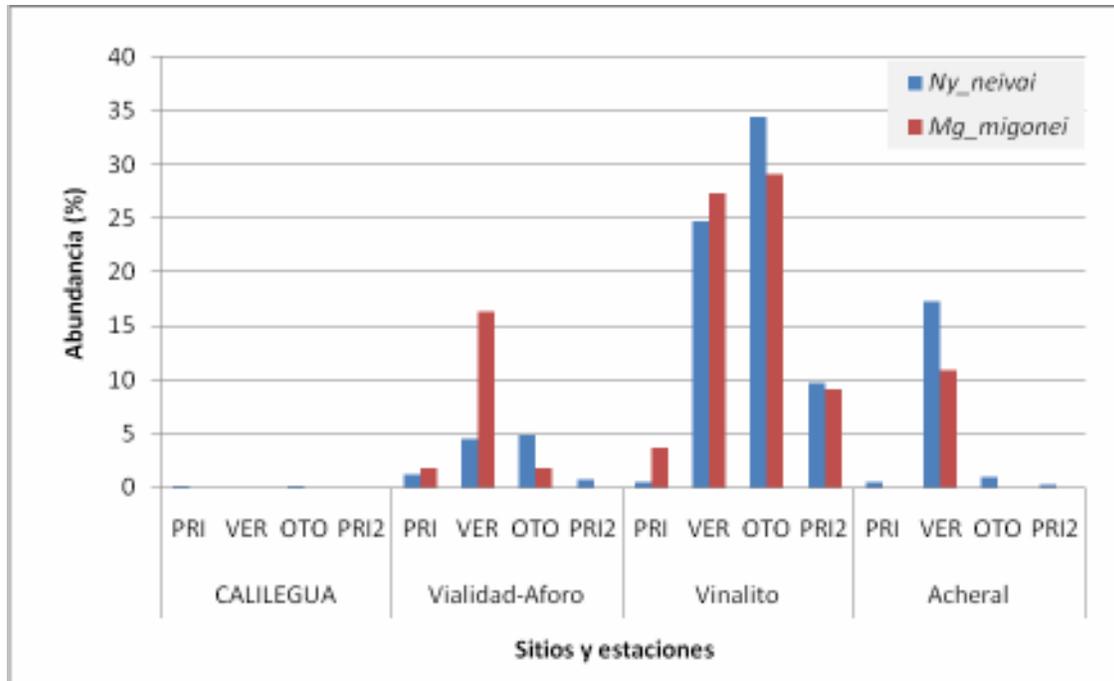


Fig. 5.5- Abundancia de *Ny. neivai* y *Mg. migonei* por sitios y por estación.

### 6.3.2. Relación entre las métricas y abundancia de flebótomos

Se realizaron Modelos Lineales Generalizados (MLG) que se usaron como variable respuesta las abundancias de *Ny. neivai* y *Mg. migonei*, cada abundancia fue modelada independientemente. Las variables independientes fueron las métricas del paisaje obtenidas para cada sitio y en cada estación. Las abundancias de los flebótomos no mostraron una distribución normal (Shapiro Wilk  $W= 0.66$ ,  $p< 0.001$  y  $W= 0.69$ ,  $p< 0.001$ , respectivamente), por lo que se usó una distribución poisson, en los MLG.

En el análisis de correlación las variables independientes se seleccionaron con la función `cor()` para visualizar aquellas variables que no se encuentran correlacionadas entre sí (Figura 5.17).

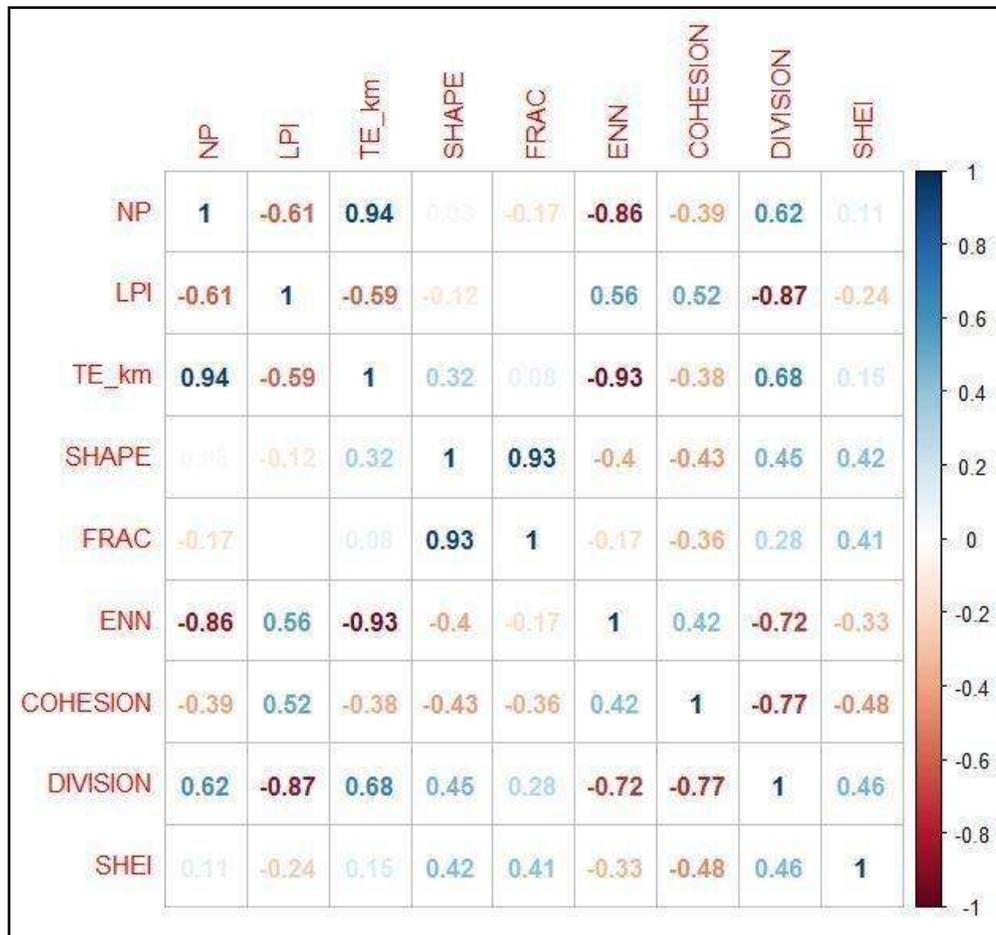


Fig. 5.17 – Análisis de correlación

Las variables independientes incluidas en estos modelos fueron: NP, LPI, TE\_km, SHAPE, FRAC, ENN, COHESION y SHEI.

Los modelos fueron generados a partir de las distintas combinaciones de las variables independientes seleccionadas según la baja correlación existente entre ellas. Por lo que se consideran los siguientes modelos:

**Modelo 1:** Modelo nulo, el cual no contiene ninguna de las variables. Bajo el supuesto de que ninguna de las variables independientes a nivel de paisaje presenta una relación con alguna de las medidas de abundancias utilizadas.

Modelo 1 = Abundancia de la sp. ~ 1.

**Modelo 2:** Relacionado al tamaño y forma (shape) del parche, su borde y su distribución.

Modelo 2 = Abundancia de la sp.~ LPI + TE\_km + SHAPE + COHESION.

**Modelo 3:** Relacionado al tamaño y forma (frac) del parche, su borde y su distribución.

Modelo 3 = Abundancia de la sp.~ LPI + TE\_km + FRAC + COHESION.

**Modelo 4:** Relacionado al tamaño y forma (shape) del parche, su borde y su distribución.

Modelo 4 = Abundancia de la sp.~ LPI + TE\_km + SHAPE + SHEI.

**Modelo 5:** Relacionado al tamaño y forma (frac) del parche, su borde y su distribución.

Modelo 5 = Abundancia de la sp.~ LPI + TE\_km + FRAC + SHEI.

**Modelo 6:** Relacionado a la cantidad de parches, la forma de éstos, y su distribución en todo su contexto (cohesión + shei).

Modelo 6 = Abundancia de la sp.~ NP + SHAPE + COHESION + SHEI.

**Modelo 7:** Relacionado a la cantidad de parches, la forma de éstos, y su distribución general.

Modelo 7 = Abundancia de la sp.~ NP + FRAC + COHESION + SHEI.

**Modelo 8:** Relacionado a la cantidad de parches, la forma de éstos, y su distribución.

Modelo 8 = Abundancia de la sp.~ NP + SHAPE + COHESION.

**Modelo 9:** Relacionado a la cantidad de parches, la forma y la distribución entre los distintos tipos de parches.

Modelo 9 = Abundancia de la sp.~ NP + FRAC + COHESION.

**Modelo 10:** Relacionado a la cantidad de parches, su formas, y la distribución entre los distintos tipos de parches.

Modelo 10 = Abundancia de la sp.~ NP + SHAPE + SHEI.

**Modelo 11:** Relacionado a la cantidad de parches, su forma, y la distribución entre los distintos tipos de parches.

Modelo 11 = Abundancia de la sp.~ NP + FRAC + SHEI.

**Modelo 12:** Relacionado al tamaño de los parches, la distancia entre los parches de la misma clase, su forma y distribución entre los distintos tipos de parches.

Modelo 12 = Abundancia de la sp.~ LPI + ENN + SHAPE + COHESION.

**Modelo 13:** Relacionado al tamaño de los parches, la distancia entre los parches de la misma clase, su forma y distribución.

Modelo 13 = Abundancia de la sp.~ LPI + ENN + SHAPE + SHEI.

**Modelo 14:** Relacionado a la cantidad de parches, el tamaño de los mismos, su forma y distribución.

Modelo 14 = Abundancia de la sp.~ NP + LPI + SHAPE + COHESION.

Los cambios de los valores de abundancia tanto para *Ny. neivai* como *Mg. migonei* fueron mejor explicados por el modelo global (modelo 5) compuesto por las variables relacionadas con el índice del parche más grande (LPI), el borde en kilómetros (TE\_km), el índice de la dimensión del fractal (FRAC) y el índice de Equidad de Shannon (SHEI).

Tabla 5.6 – Modelos seleccionados por AICc para *Ny. neivai*.

Model selection based on AICc:

	K	AICc	Delta_AICc	AICcWt	Cum.Wt	LL
mod5	5	3495.41	0.00	1	1	-1739.71
mod4	5	4003.88	508.47	0	1	-1993.94
mod13	5	4210.70	715.29	0	1	-2097.35
mod3	5	4803.98	1308.57	0	1	-2393.99
mod14	5	5549.85	2054.44	0	1	-2766.92
mod12	5	6777.95	3282.54	0	1	-3380.97
mod11	4	7306.07	3810.66	0	1	-3647.22
mod10	4	7607.99	4112.58	0	1	-3798.18
mod9	4	8132.01	4636.60	0	1	-4060.19
mod8	4	8691.22	5195.81	0	1	-4339.79
mod7	5	6016.01	2520.60	0	1	-3000.00
mod6	5	6537.88	3042.47	0	1	-3260.94
mod2	5	5490.92	1995.51	0	1	-2737.46
mod1	1	12473.45	8978.04	0	1	-6235.58

Tabla 5.7 – Modelos seleccionados por AICc para *Mg. migonei*.

Model selection based on AICc:

	K	AICc	Delta_AICc	AICcWt	Cum.Wt	LL
mod5	5	76.13	0.00	0.98	0.98	-30.06
mod3	5	84.66	8.53	0.01	1.00	-34.33
mod4	5	87.36	11.23	0.00	1.00	-35.68
mod13	5	93.21	17.08	0.00	1.00	-38.61
mod11	4	98.94	22.81	0.00	1.00	-43.65
mod2	5	100.31	24.18	0.00	1.00	-42.16
mod7	5	100.66	24.53	0.00	1.00	-42.33
mod14	5	102.70	26.57	0.00	1.00	-43.35
mod10	4	109.16	33.03	0.00	1.00	-48.76
mod9	4	111.83	35.70	0.00	1.00	-50.09
mod6	5	111.86	35.73	0.00	1.00	-47.93
mod12	5	114.11	37.98	0.00	1.00	-49.06
mod8	4	122.64	46.51	0.00	1.00	-55.50
mod1	1	143.33	67.20	0.00	1.00	-70.52

Los coeficientes obtenidos de los modelos lineales generalizados para cada especie se detallan a continuación:

Tabla 5.8 – Coeficientes del modelo seleccionado para Ny. neivai.

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	-2.677609e+02	9.630205e+00	-27.80427	3.851193e-170
LPI	1.157222e-01	1.889686e-03	61.23885	0.000000e+00
TE_km	-2.247586e-03	4.838431e-05	-46.45279	0.000000e+00
FRAC	2.453275e+02	9.280066e+00	26.43597	5.290578e-154
SHEI	2.173848e+01	6.562208e-01	33.12678	1.223345e-240

Tabla 5.9 – Coeficientes del modelo seleccionado para Mg. migonei.

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	-4.710834e+02	1.144147e+02	-4.117333	3.832816e-05
LPI	1.047205e-01	2.158501e-02	4.851539	1.225073e-06
TE_km	-2.263392e-03	4.774580e-04	-4.740504	2.131876e-06
FRAC	4.309849e+02	1.087702e+02	3.962346	7.421702e-05
SHEI	2.715132e+01	8.433962e+00	3.219284	1.285111e-03

La ecuación resultante del modelo de regresión lineal múltiple para Ny. neivai es:

$$\text{Abundancia Ny. neivai} = -267.8 + 0.12 * \text{LPI} - 0.002 * \text{TE\_km} + 245.3 * \text{FRAC} + 21.74 * \text{SHEI}$$

La ecuación resultante del modelo de regresión lineal múltiple para Mg. migonei es:

$$\text{Abundancia Mg. migonei} = -471 + 0.1 * \text{LPI} - 0.002 * \text{TE\_km} + 430.9 * \text{FRAC} + 27.15 * \text{SHEI}$$

Resumen de los resultados de los MLG seleccionados para ambas especies:

	Null deviance	Residual deviance	pseudo R	Nagelkerke R2
Ny. neivai	12380	3388.2	0.73	0.99
Mg. migonei	114	33.15	0.71	0.99

A continuación quedan representados los valores predichos por el modelo en función de las métricas correspondiente al mismo. Las estimaciones de los modelos nos indican una relación positiva entre las variables independientes LPI, FRAC y SHEI con las variables respuesta, tanto para Ny. neivai (Figura 5.18) como para Mg. migonei (Figura 5.19). Y una relación inversa con la variable TE\_km también para ambas abundancias.

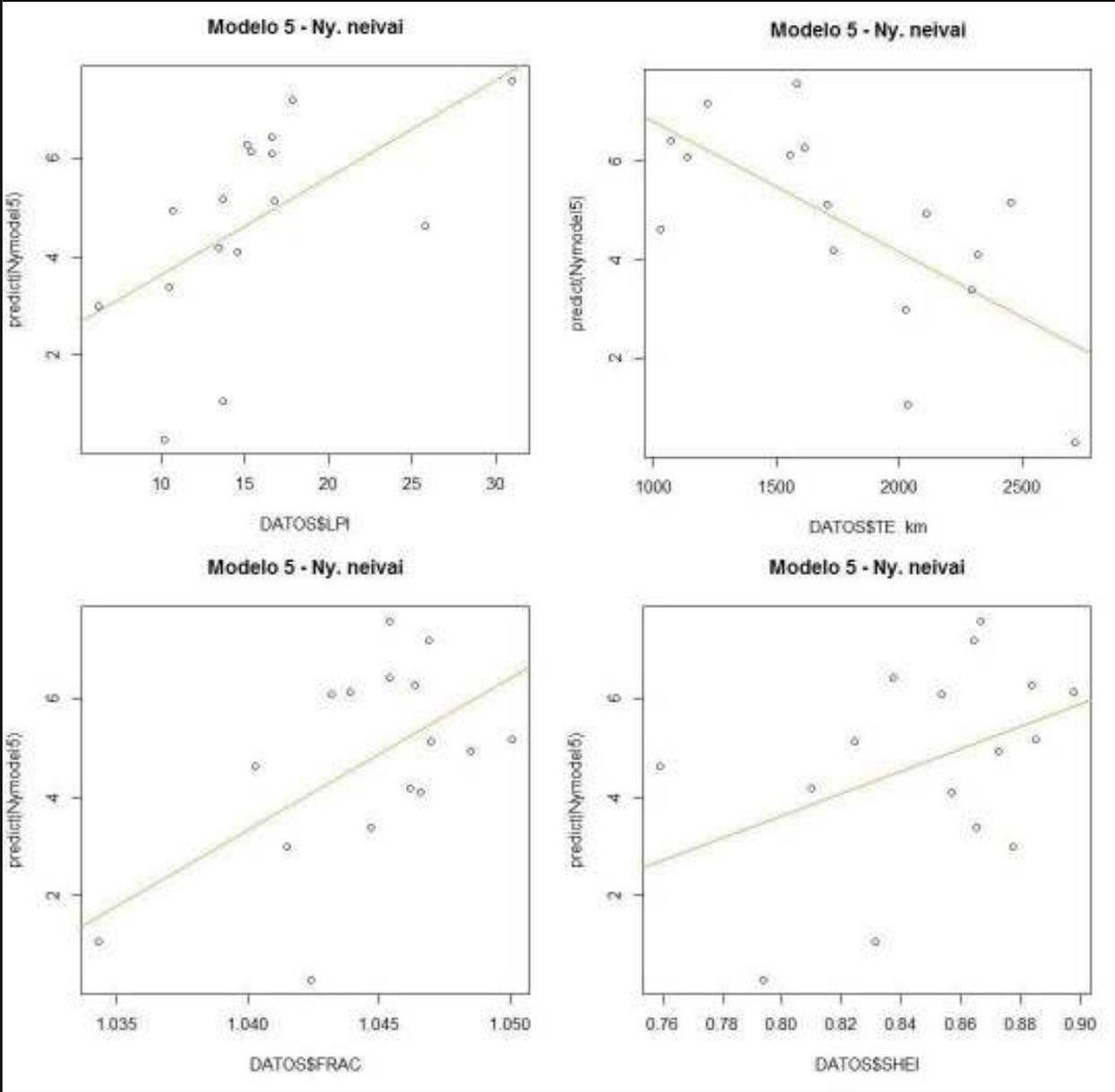


Fig. 5.18- Ny.neivai: predichos Vs. métricas, del modelo seleccionado.

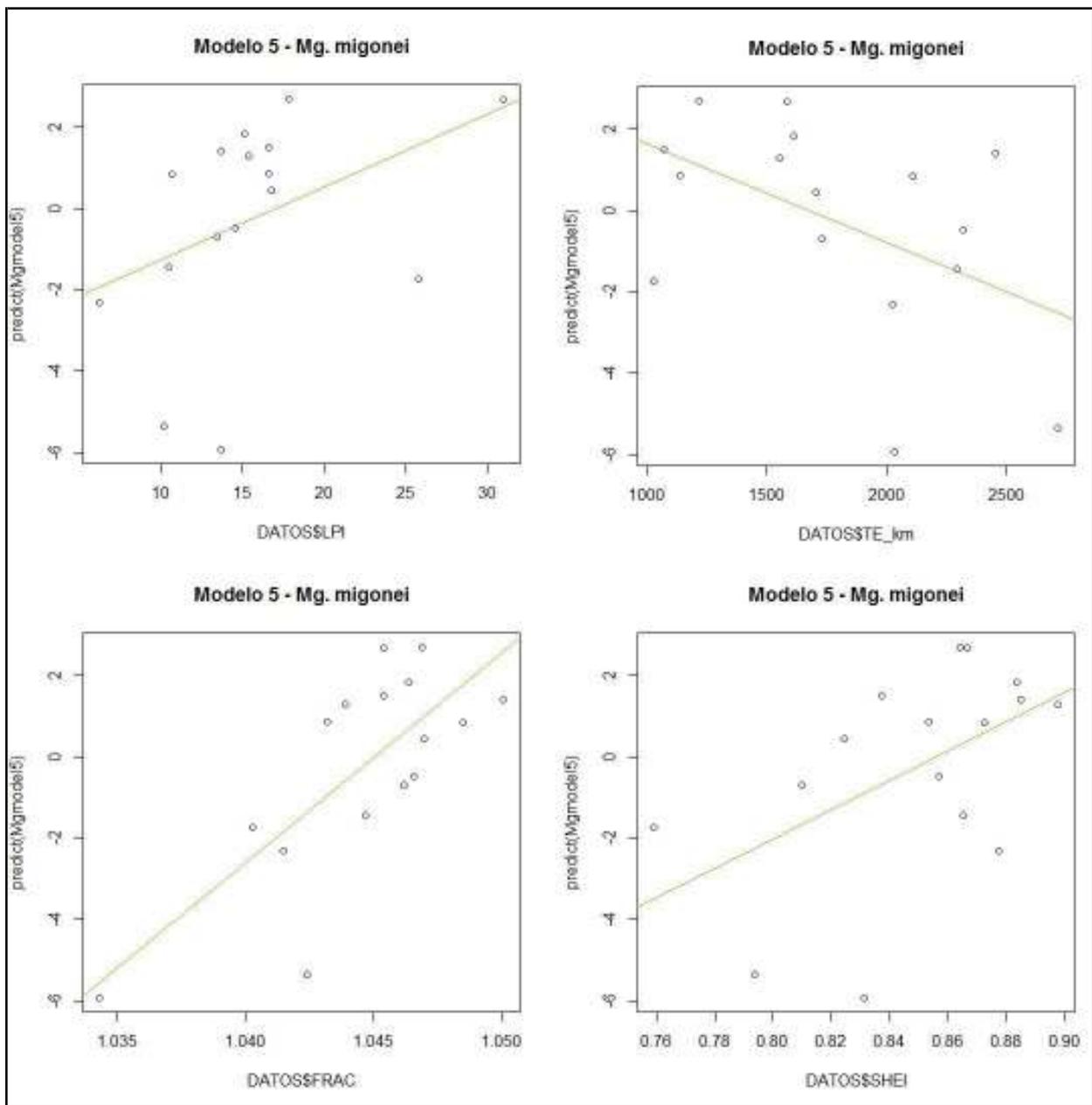


Fig. 5.19- Mg. migonei: predichos Vs. métricas, del modelo seleccionado.

### 6.3.3. Relación entre abundancia de flebótomos y casos

Se halló una fuerte correlación positiva entre las variables abundancia del vector y los casos de LC (correlación de Spearman = 0.62 ; p-valor = 0.0012) (Tabla 5.10).

Tabla 5.10 - Correlación entre flebótomos y casos.

Variable(1)	Variable(2)	n	Spearman	p-valor
Flebos	Flebos	24	1.00	<0.0001
Flebos	Casos	24	0.62	0.0012

#### 6.3.4. Relación entre métricas y casos

Las métricas referentes a los bordes, el tamaño y formas de los parches presentaron una baja correlación con los casos de LC (Tabla 5.11).

Tabla 5.11 - Correlación entre métricas seleccionadas y casos.

Variable(1)	Variable(2)	n	Spearman	p-valor
Casos	Casos	16	1.00	<0.0001
Casos	TE_Km	16	-0.39	0.1383
Casos	LPI	16	0.15	0.5715
Casos	FRAC	16	0.11	0.6719

#### 6.4. Discusión

En el presente trabajo se registraron las principales especies citadas para la ecoregión de las Yungas y zonas de transición con el Chaco Seco (Quintana et al., 2012).

Las especies de flebótomos registradas en este estudio y sus respectivas abundancias son representativas, dado el conocimiento previo de la zona. En orden de mayor a menor abundancia fueron *Ny. neivai*, *Mg. migonei* y *Ev. cortelezii*.

La dominancia de *Ny. neivai* es ya conocida para la región del noroeste argentino en los principales brotes de leishmaniasis cutánea (LC), especialmente en la ecoregión de las Yungas (Salomón et al., 2006, 2008; Quintana et al., 2012). Esta especie presenta un alto grado de adaptación a sitios antropizados, principalmente peridomicilios, y su dinámica es metapoblacional, lo que implica una distribución micro-focal, con recolonización de los peridomicilios a partir de poblaciones fuente (zonas de borde con vegetación primaria- secundaria y/o parches de vegetación) (Salomón et al., 2006, 2008; Quintana et al., 2010). Mientras que *Mg. migonei* se caracteriza por ser una especie de escenarios silvestres o áreas menos modificadas y probablemente actúe bajo otras condiciones microclimáticas. La presencia de *Mg. migonei* en peridomicilios, constituye una especie bisagra entre el ciclo zoonótico y antropozoonótico de la LC (Salomón et al., 2006, 2008).

En este último escenario, la deforestación suele tener un rol importante, ya que aumenta el contacto efectivo hombre-vector en el frente de deforestación a la vez que la alteración del paisaje produce cambios en las comunidades de vectores y/o reservorios (Quintana et al., 2010; Salomón et al., 2006). Por lo tanto, un cambio en pequeña escala puede desencadenar un aumento en la abundancia de los vectores, y estas zonas de transición son posibles puntos de acceso para la transmisión (Quintana et al., 2010; Casagrande, 2014).

Existen diferencias significativas entre la abundancia, sitios y estación del año. Queda expuesto según los datos relevados a campo que los valores de abundancia absoluta son superiores durante la época de verano-otoño, lo que se corresponde por lo citado por Salomón et al. (2008) y Quintana et al. (2012), siendo la época de mayor riesgo de transmisión del parásito.

Cabe destacar que el 69% de la abundancia de los vectores de la LC le corresponde a la localidad de Vinalito. Sabemos por trabajos realizados anteriormente, que Vinalito presenta un alto riesgo ambiental relacionado a los casos históricos registrados en ésta región (Casagrande, 2014; Ripoll, 2012).

El complejo *cortezzii* (*Ev. cortezzii*-*Ev. sallesi*), es considerada como un potencial vector en áreas de brotes esporádicos, típicos de regiones más secas (transición Yungas- Chaco Seco / Chaco Seco) (Salomón et al., 2006; Quintana et al., 2012; Rosa et al., 2012).

El escenario de transmisión -tradicional es aquel donde la población de riesgo es la que realiza tareas en áreas con vegetación poco modificada, o la transmisión peridoméstica por alteración de la vegetación residual cercana a las viviendas (Salomón et al., 2006).

Los modelos nos permitieron explorar los factores que se asocian a la transmisión de la leishmaniasis. De los 14 modelos planteados, el modelo cinco fue el más representativo para ambas especies, las variables LPI, FRAC y SHEI tuvieron una relación positiva, y TE una relación negativa con la abundancia de *Ny. neivai* y *Mg. migonei*. Si bien ambas especies se encuentran asociadas, aunque la segunda en menor abundancia, podríamos suponer que el modelo 3 al presentar valores de AICc similares al modelo seleccionado, podría influir en la abundancia de *Mg. migonei*. La variable que estaría teniendo alguna influencia en la abundancia de esta especie sería la conexión física correspondiente a la cobertura (cohesión), lo que es congruente ya que, como se indicó anteriormente, *Mg. migonei* se caracteriza por ser una especie de escenarios silvestres o áreas menos modificadas.

Por un lado la presencia de parches más grandes mantiene las condiciones microclimáticas del lugar favorables para el refugio y desplazamiento de éstos vectores. En este sentido, la cobertura arbórea puede ser un recurso fundamental dado que genera una gran diversidad de microhábitats para refugio, reproducción y alimentación de los adultos, provee sombra, modera su temperatura, incrementa la capacidad de retener la humedad del ambiente y donde la velocidad del viento disminuye conformando un microhábitat propicio para los flebótomos. Además si bien en este trabajo no se evaluaron variables meteorológicas (como temperatura, humedad relativa, presencia de viento, entre otras) se sabe que éstas influyen en gran medida en la dinámica y actividad horaria de los flebótomos (Cabrera, 2013).

La variable TE presenta una relación inversa con la abundancia de los flebótomos, esto puede deberse a dos razones. La primera, se considera que parches de vegetación más grandes implican un mayor perímetro por unidad de área, lo cual reflejaría un bosque o ambiente estable en su interior, y que por lo expuesto por Quintana et al. (2010), la abundancia relativa de flebótomos dentro del bosque parece ser menor que en zonas modificadas. La segunda, está relacionada específicamente a la métrica TE, por no discriminar el tipo de cobertura, es decir, las clases que se encuentran enfrentadas. Aunque, por los trabajos de De Luca et al. (2003) y Quintana et al. (2010), se sabe sobre la influencia en la abundancia de los flebótomos cuando existe un cambio de cobertura (clase).

Por el otro, a mayor dimensión de los fractales, es decir, perímetros más complejos o irregulares, es más probable de encontrar una mayor cantidad de flebótomos. Lo cual en cierta manera se condice con los resultados obtenidos por De Luca et al. (2003) y Quintana et al. (2010), donde existe una mayor abundancia entre los bordes de los parches con proximidad a bosques secundarios o cultivos.

Estos estudios son de gran relevancia para la región de las Selvas de las Yungas y Chaco porque permitirían identificar y evaluar patrones de cambio asociados con la intervención humana y consecuente influencia en los riesgos asociados a salud.

Finalmente, hemos observado que los sitios con alto grado de fragmentación presentan un alto valor de abundancia de vectores, por lo que la incidencia de LC puede ser alta. Un ejemplo de esto es la localidad de Vinalito, donde ocurrió uno de los brotes más importantes en la región

y donde se registraron numerosos casos notificados de LC. Lo cual es coincidente con los trabajos de Quintana et al., (2010) y Casagrande (2014), quienes concluyen que las intervenciones antrópicas ocurridas en Vinalito han sido acompañadas por cambios ambientales que han modificado el patrón de transmisión de la enfermedad y consecuentemente han conducido al brote de la misma.

El avance de la fragmentación de los paisajes conlleva a que los brotes de LC sean cada vez más frecuentes (Salomón et al., 2008; Quintana et al., 2010; Quintana et al., 2012), no tan solo por el contacto entre los potenciales vectores y los seres humanos, sino también debido a que muchas veces estas modificaciones brindan hábitats propicios para la proliferación de los flebotomos, dando lugar a un aumento en la abundancia de estos insectos vectores (Quintana et al., 2010).

En relación a lo expuesto anteriormente, y según las preferencias de hábitats de cada especie, las diferencias en la abundancia entre *Ny. neivai* y *Mg. migonei*, se invirtió a partir de la década del '50 (Paterson et al., 1926) en el área de estudio. Esto puede deberse a la deforestación y los cambios ocurridos en el paisaje con el paso del tiempo. Sostengo lo planteado por Casagrande (2014), es necesario reconocer las consecuencias de la deforestación y las subsiguientes modificaciones del paisaje que implican un nuevo asentamiento en lugares en donde las condiciones ambientales propician la aparición de enfermedades como la leishmaniasis, en regiones donde las condiciones climáticas son óptimas para el hábitat y desarrollo del vector.

Todo lo expuesto hasta aquí, permite inferir sobre las relaciones espaciales de los flebotomos, analizando su distribución con respecto a los cambios ocurridos en la composición y configuración de los paisajes. Lo que contribuye a anticiparnos en la planificación de las estrategias de control y refuerza la necesidad de recomendaciones sobre el riesgo de LC antes de cualquier intervención ambiental en un área endémica.

Se pudo observar que existe una correlación entre la abundancia de flebotomos y los casos humanos, aun cuando debemos tener presente que los análisis donde se incluyen como variable los casos de LC hay que considerarlos con cautela por el problema de anamnesis. De manera exploratoria se relacionaron las métricas más relevantes con los casos, donde no se observó relación alguna. Esto se debe a que las fechas probables de infección y las fechas de las imágenes Landsat son distintas.

Es importante destacar que en materia de prevención de la leishmaniasis, o de cualquier otra enfermedad transmitida por un vector, la teledetección y técnicas GIS tienen un alto potencial, al permitir combinar información ambiental y geográfica para el estudio de la ecoepidemiología de la leishmaniasis y el estudio de los cambios que se producen en el paisaje, como así también elaborar herramientas de diagnóstico.

## 7. CONCLUSIONES GENERALES

- ✚ Los departamentos que presentaron mayor incidencia fueron el de Santa Bárbara, Ledesma, San Pedro y Valle Grande. Para el periodo 1985- Abril de 2015 la tasa de incidencia de la leishmaniasis en la Provincia de Jujuy fue de 8.11 por cada 10.000 habitantes. El año 2002 presentó el mayor número de casos de LC notificados.
- ✚ La semana epidemiológica N°35 presentó el mayor número de casos notificados, donde la transmisión se remite hacia fines del verano y la estación de otoño.
- ✚ Los cambios ocurridos entre los años 1998 y 2006 muestran un retroceso de la masa boscosa, perdiendo aproximadamente 9.700 ha.
- ✚ Las métricas obtenidas resultaron útiles para analizar y evaluar los cambios y efectos que se producen en los paisajes, especialmente el tamaño y forma del parche, su borde y su distribución, las que estuvieron relacionadas a los cambios de la abundancia de los principales vectores.
- ✚ *Nyssomyia neivai* fue la especie más abundante, su presencia y dominancia ha sido concurrente con la emergencia del patrón epidémico de transmisión en el pedemonte de Yungas, especialmente en los ambientes modificados.
- ✚ Se encontró correlación entre la abundancia de flebótomos y los casos de LC registrados.
- ✚ Se comprobó la utilidad de los datos obtenidos por los sensores remotos y de los SIG para estimar con mayor precisión la implementación de la vigilancia entomológica, y la identificación de áreas prioritarias de acción.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acuña Caro CA. 2010. Identificación de áreas prioritarias de conservación enfocadas hacia la conectividad estructural del corredor encenillo (Municipios de la Calera, Guasca, Sopo, Sesquilé, Guatavita), Cundinamarca. Tesis de grado. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Bogotá, D.C.
- Almeida MC., Vilhena V., Barral A., Barral-Netto M. 2003. Leishmanial Infection: Analysis of its First Steps. A Review. Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Vol. 98(7): 861-870.
- Anderson, D.R.; Burnham, K.P.; & Thompson, W.L. 2000. Null hypothesis testing: problems, prevalence, and an alternative. *Journal of Wildlife Management*, 64: 912–923.
- Arena S., Haeger JF., Jordano D. 2011. Aplicación de técnicas de teledetección y GIS sobre imágenes Quickbird para identificar y mapear individuos de peral silvestre (*Pyrus bougeana*) en bosque esclerófilo mediterráneo. *Revista de teledetección*, 35, 55-71.
- Ashfor RW. 2000. The leishmaniasis as emerging and reemerging zoonoses. *Int. J. Parasitol*, 30: 1269-1281.
- APN - Administración de Parques Nacionales - Sistema de Información de Biodiversidad (APN – SIB). 2005. Protocolo para el pre procesamiento de imágenes satelitales Landsat para aplicaciones de la administración de parques nacionales. Buenos Aires – Argentina. 21 p.
- Antrop .M & Eetvelde .V. 2000. Holistic aspects of suburban landscapes: visual image interpretation and landscape metrics. *Landscape and Urban Planning* 50. pp 43 -58.
- Ballesteros Arjona V., Rueda de la Puerta P., Daponte Codina A. 2012. Cambio Climático II: Fauna y vectores. Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía.
- Bernasconi VE. Contribución al estudio de la distribución geográfica de la leishmaniosis en la República Argentina. *Bol Inst Clin Quirug Buenos Aires* 1928; 15: 325-8.
- Bernasconi VE. 1930. Consideraciones sobre el censo de leishmaniosis. V Reunión Soc Pat Reg. Norte. Vol.1: 590-602.
- Blake, J.G. 1986. Species-are relationship of migrants in isolated woodlot in east central Illinois. *Nilson Bull.* 98: 291-296.
- Bolker, B.M.; Brooks, M.E.; Clark, C.J.; Geange, S.W.; Poulsen, J.R.; Stevens, M.H.H. & White, J.S.S. 2009. Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. *Trends in Ecology and Evolution*, 24: 127-135.
- Bocco, G., M. Mendoza y O. Maser. 2001. -La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación, *Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm. 44, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 18- 38.

- Braun Wilke, R.H. 2000. Carta de Aptitud ambiental de la Provincia de Jujuy. Col. Arte y Ciencia. Red de Ed. Universidad Nacional de Jujuy. Argentina. 120p.
- Brown A. D., Grau H. R., Malizia L., Grau A. 2001. Argentina. En Kappelle M. y A. D Brown (Eds.), Bosques nublados del Neotropico. Instituto Nacional de Biodiversidad, Santo Domingo de Heredia. Pp 623–659.
- Brown, A., U. Martinez Ortiz, Acerbi M., Corcuera J. 2006. La Situación Ambiental Argentina 2005, Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires.
- Buitrago, G. L. 2002. El clima de la Provincia de Jujuy. Ed. Unju. Jujuy. Argentina. 87p.
- Burnham, K.P. & Anderson, D.R. 2002. Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information – Teoretic Approach, 2nd Edition. Springer Verlag, New York.
- Cabrera, AL. 1971. Fitogeografía de la República Argentina. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, 14: 1-50.
- Cabrera A.L. 1976. Regiones fitogeográficas de la República Argentina. Enciclopedia de Agricultura, Jardinería y Fruticultura. Acme, 2: 1-8.
- Cabrera CHA. 2013. Influencia de variables meteorológicas en la actividad horaria de Phlebotominae (Diptera: Psychodidae) en el este de la provincia de Jujuy. Tesina de Grado. Facultad de Cs. Agrarias (UNJu), Jujuy, Argentina.
- Casagrande, M.E. 2014. Análisis Retrospectivo: Relación entre cambios de uso y cobertura y brote de Leishmaniasis cutánea en Vinalito, Provincia de Jujuy. Tesis de Mestría. Instituto de Altos Estudios Espaciales - Mario Gulich - CONAE, Córdoba, Argentina.
- Cedillos RA, Walton BC. 1988. Leishmaniosis: Special situations in other areas of the Americas. En: Research on Control Strategies for the Leishmaniosis. IDRC CRDI CIID Manuscript Report 184e. Ottawa: IRDC, p 156–61.
- Córdoba Lanús E., Lizarralde de Grosso M. S., Piñero J. E., Valladares B., Salomon O. D. 2006. Natural infection of Lutzomyia neivai with Leishmania spp. in northwestern argentina. Acta Tropica, 98: 1-5.
- Chander, G., Markham, B.L., Helder, D.L. 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+ and EO-1 ALI sensors. Remote Sensing of Environment , Vol 103, pag:893-903.
- Chuvieco S.E. 1996 Fundamentos de Teledetección Espacial (3ª ed.). Rialp, Madrid.
- Chuvieco, E. 2002. Teledetección Ambiental: La observación de la Tierra desde el Espacio. Barcelona. Ariel Ciencia. 584 pp. ISBN 978-84-344-8073-3.
- Cihlar, J., L. Jansen. 2001. From land cover to land use: a methodology for efficient land use mapping over large areas. Professional Geographer. 53:275-259.

Congalton, RG. 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 37:35-46.

Correa Antonialli S., Torres T., Paranhos Filho A., Tolezano J. 2007. -Spatial analysis of american visceral leishmaniasis in Mato Grosso do Sul state, central Brazil, *Journal of Infection*, vol. 54, no. 5, pp. 509–514.

Cutolo AA., Menezes Teodoro AK., Ovallos FG., Marques Allegretti S., Bianchi Galati EA. 2014. Sandflies (Diptera: Psychodidae) associated with opossum nests at urban sites in southeastern Brazil: a risk factor for urban and periurban zoonotic *Leishmania* transmission?. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, Vol. 109(3): 391-393.

Desjeux P. 2001. The increase risk factors for leishmaniasis worldwide. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.* 95: 239-243.

De Luca AS., Vasconcelos, HL., Barrett, TV. 2003. Distributions of Sandflies (Diptera: Phlebotominae) in Forest Remnants and adjacent matrix habitats in Brazilian Amazonia. *Instituto de Biologia. Universidade Federal de Uberlândia. Braz. J. Biol.*, 63(3): 401-410.

Drugs for Neglected Diseases initiative (DNDi). Annual Report 2013.

Fahring, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 34:487–515.

Farina, A. (1998). *Principles and methods in landscape ecology*. Chapman & Hall, London.

Feliciangeli M.D., Delgado O, Suarez B, Bravo A. 2006. *Leishmania* and sand flies proximity to woodland as a risk factor for infection in a rural focus of visceral leishmaniasis in west central Venezuela. *Trop Med Int Health* 11: 1785-1791.

Fernández, MS. 2012. *Eco-epidemiología de vectores de Leishmania spp. en el noreste de la Argentina (Provincia de Misiones)*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA), Bs.As., Argentina.

Forman, R.T.T. & Godron, M. 1986. *Landscape Ecology*. Jhon Wiley & Sons, Inc. United States of America.

Forman, R.T.T. 1995. *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press, Londres.

Foley, J.A., R. DeFries, G.P. Asner, C. Barford, G. Bonan, S.R. Carpenter, F.S. Chapin, M.T. Coe, G.C. Daily, H.K. Gibbs, J.H. Helkowski, T. Holloway, E.A. Howard, C.J. Kucharik, C.. 2005. *Global Consequences of Land Use*. *Science*, 309, 570.

Fuenzalida AD, Quintana MG, Salomón OD, Lizarralde M.S. 2011. Hourly activity of *Lutzomyia neivai* in the endemic zone of cutaneous leishmaniasis in Tucumán, Argentina: preliminary results. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 106 (5): 635-638.

Galati E. A. B. 2003. Classificação de Phlebotomine. En E.F. Rangel, R Lainson, Flebotomíneos do Brasil, Editora Fiocruz, Rio de Janeiro, 2: 23-52.

Gaudart, J.; Toure, O.; Dessay, N.; Dicko, A.L.; Ranque, S.; Forest, L.; Demongeot, J. & Doumbo, O.K. 2009. Modelling malaria incidence with environmental dependency in a locality of Sudanese savannah area, Mali. *Malaria Journal* 8(61).

García RL., 2014. El Ribosoma de Leishmania y su interacción con el sistema inmunológico del hospedador. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid. Madrid, España.

Garrahan P, Salomón OD. 2010. Leishmaniasis. Enfermedades antiguas de reciente aparición comprobada en la Argentina. *Ciencia Hoy* 19 (114), diciembre 2009-enero 2010: 32-37.

Geist, H. and E. Lambin. 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience*. 52(2): 143-150.

Gradoni L. Gramiccia M, Mancianti F. and Pieri S. 1988. Studies on canine leishmaniasis control. 2. Effectiveness of control measures against canine leishmaniasis in the Isle of Elba, Italy. *Trans. Roy.Soc.Trop.Med. Hyg.* 82:568-571.

Green Robert M and Simon I. Hay, 2002. The potential of Pathfinder AVHRR data for providing surrogate climatic variables across Africa and Europe for epidemiological applications. *Remote Sensing of Environment* 79 (2002) 166– 175.

Hamer, A.J. & Parris, K.M. 2011. Local and landscape determinants of amphibian communities in urban ponds. *Ecological Applications*, 21: 378-390.

Hay, S.I., Snow, R.W. and Rogers, D.J. 1998. Prediction of malaria seasons in Kenya using multi-temporal meteorological satellite sensor data. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 92: 12– 20.

Hay SI. 2000. AN overview of remote sensing and geodesy for epidemiology and public health application. *Advances in Parasitology* 47, 1-35.

Hay SI., Cox J., Rogers DJ., Randolph, SE., Stem DI., Shanks, GD., Myers, MF and Snow RW., 2002. Climate change and the resurgence of malaria in the East African highlands. *Nature* 415, 905-909.

Heileen Aguilar Arias, Rodolfo Mora Zamora, Christian Vargas Bolaños. 2014. Metodología para la corrección atmosférica de imágenes Aster, RapidEye, Spot 2 y Landsat 8 con el módulo FLAASH del software ENVI. *Revista Geográfica de América Central* N° 53. pp. 39-59.

Hobbs, R. 1997. Future landscapes and the future of landscape ecology. *Landscape and Urban Planning* 37:1-9.

Hobbs, N.T. & Hilborn, R. 2006. Alternatives to statistical hypothesis testing in ecology: a guide to self teaching. *Ecological Applications*, 16(1): 5–19.

Hudson, W.D., Ramn CW. 1987. Correct formulation of the Kappa coefficient of agreement. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 53: 421-422.

Jansen, L.J.M. y A. di Gregorio. 2002. Parametric land cover and land-use classification as tools for environmental change detection. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 91: 89-100.

Jensen J.R., 1986. *Introductory Digital Image Processing*. Prentice-Hall, New Jersey, p. 379.

Kalluri S, Gilruth P, Rogers D, Szczur M. 2007. Surveillance of arthropod vector-borne infectious diseases using remote sensing techniques: A review. *PLoS Pathog* 3(10): e116. doi:10.1371/journal.ppat.0030116.

Landis, J.R., Kock, G.G. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33: 159-174.

Leduc, A., Prairie, Y.T. y Bergeron, Y. (1994). Fractal Dimension Estimates of a Fragmented Landscape: Sources of Variability. *Landscape.Ecol.* 9. [4]. 279-286.

Li .X, He .H, Bu .R, Wen .Q, Chang .Y, Hua .Y, Li Y. 2005. The adequacy of different landscape metrics for various landscape patterns. *Pattern Recognition* 38, pp. 2626 – 2638.

Machault V, Vignolles C, Borchi F, et al. 2011. The use of remotely sensed environmental data in the study of malaria. *Geospatial Health* 5(2), 2011, pp. 151-168.

Mandelbrot, B. 1982. *The fractal geometry of nature*. W.H. Freeman & Co, New York.

Manteca Acosta M; Molina J; Utgés M E; Mastrangelo AV; Pérez AA; Santini M S; Salomón OD. 2015. -Efficacy Of Impregnated Bednets And Species Composition In Experimental HenhousesII. *ISOPS VIII. Soc. Ent. Arg. N° 26 (1)*, ID 11-O.

Mazerolle, M.J. 2015. Model Selection and Multimodel Inference Based on (Q) AIC (c). R topics.

McGarigal K. & B.J. Marks. 1995. *Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*. US Department of Agriculture, Forest Service, Northwest Research Station. USA, Portland, OR.

McGarigal K, Cushman SA, Neel MC, Ene E. 2002. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for categorical maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available from <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>

Nagelkerke, N. 1991. A note on a general definition of the coefficient of determination. *Biometrika*, 78: 691-692.

Nakazawa, M. 2010. "Fmsb" package has been registered in CRAN. Medical Statistics for Gunma Univ. Graduate School of Medicine. R topics.

Neteler M, Metz M. 2014. MODIS and Vector-Borne Diseases. Consulta realizada: 8/05/2014. Sitio web: [www.earthzine.org/2014/04/16/modis-and-vector-borne-diseases](http://www.earthzine.org/2014/04/16/modis-and-vector-borne-diseases)

Organización Mundial de la Salud (Ginebra). 1990. Lucha contra las leishmaniasis. Series de Informes Técnicos N°793. WHO, Ginebra, 177 pags.

Organización Mundial de la Salud (Ginebra). 2010. Control de la leishmaniasis. Series de Informes Técnicos N°949. WHO, Ginebra, 200 pags.

Organización Panamericana de la Salud. Informe Final de la Reunión de Expertos OPS/OMS sobre Leishmaniasis Visceral en las Américas. 2006. Río de Janeiro, PANAFTOSA. 152 pag.

Ormeño Villajos, S. 2006. Teledetección Fundamental. Esc. Técnica Sup. De Ingenieros en Topografía. Universidad Politécnica. Madrid, España. 3ª Edit., 344 pag.

Paterson G. C. 1926. Sobre una nueva especie del género *Phlebotomus* encontrada en las provincias del norte de la República. Boletín Instituto Clínica Quirúrgica (Buenos Aires), 2: 305-309.

Patz JA, Graczk K, Geller N, and Viltor A. 2000. Effects of enviromental change on emerging parasitic diseases. *Int. J. Parasitol*, 30: 1395-1405

Porcasi X. 2009. El proceso de reinfestación por *Triatoma infestans* evaluado con el apoyo de sensores remotos. Tesis Doctoral. Facultad de Cs Exactas Físicas y Naturales – UNC.

Parra-Henao G. Sistemas de información geográfica y sensores remotos. Aplicaciones en enfermedades transmitidas por vectores. *Rev. CES Med* 2010; 24(2):75-90.

Quintana MG, Salomón OD, Lizarralde de Grosso MS. 2010. Distribution of Phlebotominae in primary forest-crop interface, Salta, Argentina. *J Med Entomol*, 47 (6): 1003-1010.

Quintana M. G., Fernández M. S., Salomón O. D. 2012. Distribution and abundance of Phebotominae, vectors of leishmaniasis, in Argentina: Spatial and temporal analysis at different scales. *Journal of Tropical Medicine*, 2012: 1-16.

Quintana, MG, Salomón O., Guerra R., Lizarralde de Grosso, Fuenzalida A. 2013. Phlebotominae of epidemiological importance in cutaneous leishmaniasis in northwestern Argentina: risk maps and ecological niche models. *Medical and Veterinary Entomology*, 27, 39– 48.

Rabaglio M D. 2012. Impacto del uso del suelo sobre el Índice de Vegetación Normalizado (NDVI) en el noroeste argentino. Especialización en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica Aplicados al Estudio de los Recursos Naturales y la Producción Agropecuaria. Instituto de Economía y Sociología. INTA.

Ripoll C. 2012. Informe de Leishmaniasis en la Provincia de Jujuy. Ministerio de Salud. Dirección Provincial de Programas Sanitarios.

Reithinger R, Espinoza CJ, Davies RC. 2003. The transmission dynamics of canine American cutaneous Lishmaniasis in Huánuco, Peru. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 69: 473-480.

Rosa J, Pereira DP, Brazil RP, Filho JDA, Salomón O, Szelag E. 2012. Natural infection of *cortelezzii* complex (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) with *Leishmania braziliensis* in Chaco, Argentina. *Acta Trop.* 123: 128–131.

Rosales JC., Yang HM., Avila Blas OJ. 2014. Variability Modeling of Rainfall, Deforestation, and Incidence of American Tegumentary Leishmaniasis in Orán, Argentina, 1985–2007. *Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases*. Vol. 2014, Article ID 461013, 11 pag.

Rodríguez Morales, AJ. 2005. Ecoepidemiología y Epidemiología Satelital: nuevas herramientas en el manejo de problemas en Salud Pública. *Rev. Peru Med. Exp. Salud Pública* 22:54-63.

Rotela, C. 2013. Desarrollo de Modelos e Indicadores Remotos de Riesgo Epidemiológico de Dengue en Argentina. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Jensen J.R., 1986. *Introductory Digital Image Processing*. Prentice-Hall, New Jersey, p. 379. 1986.

Rotureau B. 2006. Ecology of the *Leishmania* species in the Guianan ecoregion complex. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 74: 81–96.

Salomón OD. 2001a. Actualizaciones de entomología sanitaria Argentina: “*Leishmaniasis: vectores y brotes epidémicos en Argentina*”. Fundación Mundo Sano. *Enfermedades Transmisibles*. 2; 185-196.

Salomón OD., Sosa Estani S., Canini L., Córdoba Lanus E. 2001b. Leishmaniasis tegumentaria en un área con niveles epidémicos de transmisión, Salta, Argentina, 1998. *MEDICINA*. Bs.As.; 61: 284-290.

Salomón OD., Rossi GC, Spinelli GR., 2002a. Ecological aspects of phlebotominae (Diptera: Psychodidae) in an endemic area of tegumentary leishmaniasis in the northeastern Argentina, 1993-1998. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 97 (2): 163-8.

Salomón OD., Sosa Estani S., Dri L., Donnet M., Galarza R., Recalde H. 2002b. Leishmaniasis tegumentaria en Las Lomitas, provincia de Formosa, Argentina, 1992-2001. *Medicina (Bs.As.)*, 62 (6): 562-8.

Salomón OD. 2003. Phlebotominae. En: Gonzalez A., Villalobos C., Ranaletta M.A. (eds). *Ectoparasitosis humanas*. Bs. As. Ediciones Científicas Americanas. Pp. 121-144.

Salomón, OD., Orellano, P.W., Quintana, M.G., Pérez, S., Sosa Estani, S., Acardi, S. & Lanfri, M. 2006. Transmisión de la leishmaniasis tegumentaria en Argentina. *Medicina (Buenos Aires)*, 66, 211–219.

Salomón OD., Quintana MG, Rosa JR. 2008. Eco-epidemiología de leishmaniasis cutánea en Argentina. Sociedad Iberoamericana de Información Científica (SIIC Salud). ISSN siicsalud: 1667-8982. Salud (i) Ciencia, Vol. 16 (5): 514-520.

Salomón OD., Andrade F., Fernández MS., Rosa JR., Szelag EA. y Santini MS. 2010. Nuevos registros de Phlebotominae (Diptera: Psychodidae) para la Argentina. Rev. Soc. Entomol. Argent. 69 (3-4): 261-265.

Salomón OD., Mastrángelo A.V., Quintana M. G., Rosa J. R. 2011a. Leishmaniasis and Environment in Argentina: Eco-Epidemiological Approach. In: Nriagu JO (ed.) Encyclopedia of Environmental Health, 5000pp. Burlington. Elsevier, 3: 481–490.

Salomón OD., Fernández M., Santini M. S., Saavedra S., Ramos M., Rosa J. R., Szelag E., Martínez M. 2011b. Distribución de Lutzomyia longipalpis en la Mesopotamia Argentina, 2010. Medicina (Bs. As.), 71: 22-26.

Salomón OD, Quintana MG. Leishmaniasis y ambiente: uso de sensores remotos y sistemas de información geográfica. En: Dres. Roberto Cacchione (†), Juan Basualdo Farjat, Ricardo Durlach, Pablo Martino & Alfredo Seijo (Eds). Temas de Zoonosis 5. Asociación Argentina de Zoonosis (AAZ). Editorial Ideográfica. ISBN 978-987-97038-4-7. Buenos Aires, 2011c. Cap. 20: 175-188. 487pp.

Salomón OD., Quintana MG., Mastrángelo AV., Fernández MS. 2012a. Leishmaniasis and Climate Change—Case Study: Argentina. Journal of Tropical Medicine. Vol. 2012: 1-12 pag.

Salomón, OD., Mastrángelo, AV., Santini, MS., Ruvinsky, SO., Orduna, T, Sinagra, A.; Luna, C., Riarte, A., Casas, N., Amiotti, P. 2012b. Leishmaniasis visceral: senderos que confluyen, se bifurcan. Salud colectiva, Vol.8, pag. 49-63.

Salomón OD., Feliciangeli MD., Quintana MG., Santos Afonso MM., Ferreira Rangel E. 2015. Lutzomyia longipalpis urbanisation and control. Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Vol. 110(7): 831-846.

Salomón, OD., Mastrángelo, AV., Santini, MS., Liotta DJ., Yadon ZE. 2016. La eco- epidemiología retrospectiva como herramienta aplicada a la vigilancia de la leishmaniasis en Misiones, Argentina, 1920-2014. Revista Panamericana de Salud Pública Vol. 40 p. 29-39.

Santini MS., Salomón OD, Arcadi SA, Sandoval EA, Tartaglino L. 2010. Lutzomyia longipalpis behavior at an Urban Visceral Leishmaniasis Focus in Argentina, Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo, 52:187-192.

Sosa Estani S, Segura EL, Gómez A, Salomón OD, Peralta M, Coutada V, Medina Ruiz L. 2001. Leishmaniose cutânea no Norte da Argentina. Fatores de risco identificados num estudo caso-coorte em três municípios de Salta. Rev. Soc. Bras. Med. Trop.; 34: 511-517. <http://www.scielo.br/pdf/rsbmt/v34n6/7437.pdf>

Sosa Estani S, Salomón OD. 2002. Aspectos clínicos, epidemiológicos y entomológicos de la transmisión de la leishmaniosis en la República Argentina. Sociedad Iberoamericana de Información Científica (SIIC), Sección Expertos Invitados, <http://www.siicsalud.com/dato/buscador/02212015.htm>

Sudia W. D., Chamberlain R. W. 1962. Battery operated light trap, an improved model Mosquito News, 22: 126-129.

Szelag EA., Andrade Filho JD., Rosa JR., Parras MA., Stein M., Quintana MG., Salomón OD. 2016. Argentinian phlebotomine fauna, new records of Phlebotominae (Diptera: Psychodidae) for the country and the province of Chaco Zootaxa 4139 (3): 427–430.

Turner M.G., G.J. Arthaud y R.T. Engstrom. 1995. Usefulness of espacially explicit population models in land management. Ecological Applications 5(1):12-16.

Vergés Rosete FA, Damián JL y Bocco G. 2009. Contribución al análisis del cambio de uso del suelo y vegetación (1978-2000) en la Península de Baja California, Mexico. Investigación Ambiental 1 (1): 70-82.

Veerle V E., Antrop M. 2004. Analyzing structural and functional changes of traditional landscapes—two examples from Southern France. El Sevier. Landscape and Urban Planning 67: 79-95.

Villalonga JF. 1963. Leishmaniosis tegumentaria americana: clínica y tratamiento. Rev Fac Med Tucumán. Vol 6: 197-208.

Vink, A.P.A. (1983). Landscape ecology and land use. Longman, London, New York.

Volante, JN., Alcaraz Segura, D., Moscario, MJ., Viglizzod, EF., Paruelo, J.M. 2012. Ecosystem functional changes associated with land clearing in NW Argentina. Agriculture, Ecosystems and Environment 154 (2012) 12- 22.

World Health Organization (WHO). 1984. The leishmanises. Technical report series 701. WHO, Geneva, 140 pages.

World Health Organization (WHO). 2002. Urbanization: An increasing risk factor leishmaniasis. Weekly Epidemiological Record. Health & Medical Complete. Geneva. 44: 365-372.

WHO, 2010. Control of the Leishmaniasis: Report of a Meeting of the Who Expert Committee on the Control of Leishmaniasis, 186–9491, WHO Tech. Rep. Ser.

## **8. ANEXO**

### 5.2.3. Extracción de Métricas

Las métricas consideradas en el presente estudio se detallan a continuación:

#### 5.2.3.1. Área Total (CA)

El Área total es una medida de la composición del paisaje en hectáreas. A nivel de clase, equivale a la suma de las áreas ( $a_{ij}$ ) en metros<sup>2</sup> de todos los parches correspondiente a un tipo de parche, dividido por 10.000 (para convertir a hectáreas); es decir, el área total de la clase. El CA toma valores mayores que cero ( $CA > 0$ ), sin límite.

$$CA = \sum_{j=1}^a a_{ij} (1/10.000)$$

Donde  $a_{ij}$  = área (m<sup>2</sup>) del parche  $ij$ .

#### 5.2.3.2. Número de Parches (NP)

El número de parches (NP) para una clase determinada es una medida de la extensión o fragmentación. NP es igual al número de los parches correspondiente al tipo de parche (clase) del paisaje ( $n_i$ ).

$$NP = n_i$$

NP es igual a 1 cuando el paisaje contiene un solo parche, no incluye parches exteriores. Constituye una medida cuantitativa del número de veces en que se encuentra fraccionado el territorio.

#### 5.2.3.3. Índice del parche más grande (LPI)

El índice del parche mayor indica el porcentaje correspondiente a la proporción del parche más grande con respecto al resto de superficie. Es interesante conocer esta correspondencia dimensional, ya que refleja el grado de partición de un paisaje.

LPI es igual al área ( $a_{ij}$ ) en m<sup>2</sup> del parche más grande del tipo de clase correspondiente y dividida por el área total del paisaje (m<sup>2</sup>), multiplicado por 100. Es decir, LPI es igual al porcentaje del parche más grande del paisaje. Así, LPI se aproxima a 0 cuando el parche es pequeño, y a 100 cuando el parche es más grande.

$$LPI = \frac{\max_{j=1}^a(a_{ij})}{A} (100)$$

#### 5.2.3.4. Borde Total (TE)

El borde total revela la distancia (en kilómetros) del perímetro que tienen en contacto los parches con otros parches diferentes. TE es igual a la suma de las longitudes (B) en kilómetros de todos los segmentos de borde que envuelven al tipo de parche correspondiente.

$$TE = \sum_{K=1}^m B_{ik}$$

Donde:  $B_{ik}$  = longitud total (Km) del borde en el paisaje que involucra tipo de parche (clase i); incluye límites paisaje y segmentos de fondo que implican tipo de parche i.

TE vale 0 cuando no hay borde entre clases en el paisaje, ya que no se trata como borde límite exterior del paisaje.

### 5.2.3.5. Índice de Forma (SHAPE)

El índice de forma (SHAPE) es igual al perímetro del parche (dado en número de celdas de superficie) dividido por el perímetro mínimo (dado en número de celdas de superficie) posible para un fragmento máximamente compactado (en formato raster cuadrado) de la correspondiente área del parche.

$$SHAPE = \frac{p_{ij}}{\min p_{ij}}$$

Donde:

$p_{ij}$  = perímetro del parche ij en términos de número de celdas de superficie.

$\min p_{ij}$  = perímetro mínimo del parche ij en términos de número de celdas de superficie.

Cuando SHAPE es igual a 1 el parche es cuadrado y se incrementa sin límite en cuanto la forma del parche se vuelve más irregular.

### 5.2.3.6. Índice de Dimensión del Fractal (DFM)

Una dimensión fractal mayor que 1 para un mosaico de paisaje bidimensional indica un alejamiento de la geometría euclídea (esto es un incremento de la complejidad en la forma de un parche). El DFM se aproxima a 1 con formas de parche muy simples como círculos o cuadrados, y se aproxima a 2 con formas complicadas.

El Índice dimensión fractal es interesante evaluarlo porque refleja la complejidad de la forma a través de una gama de escalas espaciales (tamaños de parche).

$$DFM = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left( \frac{2 \ln p_{ij}}{\ln a_{ij}} \right)}{N}$$

Donde:

$p_{ij}$  = perímetro (m) de parche ij.

$a_{ij}$  = área (m<sup>2</sup>) de parche ij.

Una de las principales aplicaciones de los fractales para los ecólogos radica en su habilidad de resumir la complejidad y heterogeneidad de una distribución espacial o temporal en un único valor (Mandelbrot, 1982). La dimensión fractal con frecuencia se percibe como una medida independiente de la escala. Sin embargo, los efectos de la escala están presentes en la

mayoría de los aspectos de la ecología, y muestran su influencia en los valores de dimensión fractal de un mismo paisaje (Leduc et al., 1994), por eso en su análisis se ha aplicado una corrección que pondere por el área del parche.

### 5.2.3.7. Distancia Euclidiana del Vecino más cercano (ENN)

La ENN equivale a la suma de la distancia ( $h_{ij}$ ) en metros del parche vecino más cercano del mismo tipo, basado en la distancia más cercana entre márgenes, dividido por el número de parches del mismo tipo. Su significado es la cercanía o lejanía entre parches del mismo tipo.

$$ENN = \frac{\sum_{j=1}^{n'} h_{ij}}{n'_{i}}$$

Donde:  $h_{ij}$  = distancia (m) de parche  $h_{ij}$  al parche más cercano vecino del mismo tipo (clase).

### 5.2.3.8. Índice de Equidad de Shannon (SHEI)

El índice de Shannon es una medida de la equidad presente entre el área de diferentes tipos de clases aplicada a nivel de paisaje. Representa la distribución proporcional de las diferentes clases en un paisaje.

La utilización de un Índice como el de Shannon, nos permite conocer su diversidad y, en mayor o menor medida, la complejidad de los distintos parches en el paisaje. Representa la distribución proporcional de las diferentes clases en un paisaje.

SHEI es igual a menos la suma, a través de todos los tipos de parches, de la abundancia proporcional de cada tipo de parche multiplicado por esa proporción, dividido por el logaritmo del número de tipos de parche. Tenga en cuenta que  $P_i$  se basa en el área total del paisaje (A) excluyendo cualquier fondo interno presente.

$$SHEI = \frac{-\sum_{i=1}^m (P_i \cdot \ln P_i)}{\ln m}$$

Dónde:  $P_i$  = proporción del paisaje ocupado por un tipo de clase  $i$ .

$m$  = tipos de parches presentes en el paisaje (riqueza de parches).

SHEI se aproxima a 0 cuando la distribución del área entre los diferentes tipos de parche se vuelve cada vez más desigual (es decir, dominada por un tipo).  $SHEI = 1$  cuando la distribución del área entre los tipos de parche es perfectamente uniforme (es decir, las abundancias proporcionales son iguales) (Mc. Garigal, 2002).

### 5.2.3.8. Cohesión

El índice de cohesión mide la conexión física de la correspondiente cobertura. La cohesión aumenta cuando el tipo de cobertura se vuelve más agregada o unida, en su distribución, es decir que los fragmentos estén más conectados físicamente.

El índice de cohesión es igual a 1 menos la suma del perímetro del parche (en términos de número de celdas de superficie) dividido por la suma del perímetro del parche por la raíz cuadrada del área del parche (en términos de celdas de superficie) para todos los parches en el paisaje (o correspondientes al tipo de cobertura), dividido por 1 menos sobre la raíz cuadrada del número total de celdas en el paisaje, multiplicado por 100 para convertir a un porcentaje.

$$\text{COHESION} = \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n p_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n p_{ij} \sqrt{a_{ij}}} \right) \cdot \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{Z}} \right)^{-1} \cdot (100)$$

Donde:

$p_{ij}$  = perímetro del fragmento  $ij$  en términos de número de celdas de superficie.

$a_{ij}$  = área del fragmento en términos de número de celdas.

$Z$  = número total de celdas en el paisaje.

Este valor se aproxima a 0 cuando la proporción en el paisaje comprendida por la clase focal disminuye, y se vuelve cada vez más subdividida y menos conectada físicamente. Aumenta cuando la proporción en el paisaje comprendida por la clase focal aumenta hasta que alcanza una asíntota cerca del umbral de percolación. Es igual a 0 si el paisaje está compuesto por una sola celda.

### 3.3.4. Número de casos según grupo etario diferenciado por sexo

Nueva tabla : 10/8/2016 - 17:16:34 - [Versión : 22/7/2014]

#### Tablas de contingencia

*Frecuencias: Nro. Casos*

*Frecuencias absolutas*

*En columnas: Sexo*

<u>Edad</u>	<u>F</u>	<u>M</u>	<u>Total</u>
0-8	14	24	38
17-24	6	33	39
25-32	22	48	70
33-40	14	63	77
41-48	7	52	59
49-56	5	74	79
57-64	5	46	51
65-72	3	40	43
73-80	1	18	19
81-86	1	2	3
9-16	33	35	68
<b>Total</b>	<b>111</b>	<b>435</b>	<b>546</b>

	Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	69.29	10	<0.0001	
Chi Cuadrado MV-G2	67.13	10	<0.0001	
Coef.Conting.Cramer	0.25			
Coef.Conting.Pearson	0.34			

### 5.2.4.3. Evaluación de las métricas

#### ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

> `acp1`

Standard deviations:

[1] 0.20429503 0.12172777 0.05191059 0.03015803

Rotation:

	PC1	PC2	PC3	PC4
NP	-0.6093360	0.3161938	-0.4931777	-0.5343285
LPI	0.4654822	0.8696396	-0.1286258	0.1025118
TE	-0.5364601	0.1741470	-0.1119409	0.8181397
ENN_SD	0.3524863	-0.3367807	-0.8530536	0.1860961

> `summary(acp1)`

Importance of components:

	PC1	PC2	PC3	PC4
Standard deviation	0.2043	0.1217	0.05191	0.03016
Proportion of Variance	0.6938	0.2463	0.04479	0.01512
Cumulative Proportion	0.6938	0.9401	0.98488	1.00000