



Proyecto de tesis doctoral de Christian Vogt

Tutor: Prof. Dr. Erwin Bergmeier

Título: Vegetación halófito en el Chaco Boreal, Paraguay – Fitogeografía, Ecología y

Dinámica en tiempos de cambio climático y uso de la tierra

(Titel: Halophytenvegetation im Chaco Boreal, Paraguay – Pflanzengeographie, Ökologie und Dynamik in Zeiten des Klima- und Landnutzungswandels)

Resumen:

El Gran Chaco Americano es considerado a nivel internacional una zona problemática por los crecientes impactos en su ecosistema sensible con sus particulares condiciones geológicas y climatológicas. En el Chaco Boreal, la transición entre la zona de inundaciones periódicas del bajo Chaco y el Chaco central semiárido se caracteriza por ser una zona con peligro de salinizaciones. La salinizaciones, que en ésta zona son naturales, se encuentran en las cuencas de los riachos y lagunas saladas. Además, las deforestaciones, usos agrícolas y ganaderas, infraestructuras no adecuadas y fenómenos climáticas globales como „El Niño“ y „La Niña“ favorecen las salinizaciones de los suelos.

Los objetivos del proyecto son la caracterización fitogeográfica, fitosociológica y ecológica de la vegetación halófito del Chaco Boreal y su posición en comparación ecorregional. En base a mediciones ecológicas, mapeos de la vegetación y las propiedades específicas de las especies se modelizará la vegetación halófito en el Chaco Boreal y se elaborará un pronóstico de desarrollo de los saladares y su vegetación halófito en escenarios actuales de cambio climático y cambios en el uso de la tierra.

Aportes científicos esperados sobre la problemática investigada en el proyecto serán la comparación a nivel ecorregional de la diversidad vegetal en lugares halófitos y xerofíticos, además también estudios poblacionales, áreas de distribución y propiedades de los hábitats de algunas plantas caracterísiticas. Se describirá la vegetación halófito del Chaco Boreal y se comparará la misma con las comunidades halófitas del centro de la Argentina.

Las previstas investigaciones fitogeográficas, demográficas y ecosistémicas contribuirán al mejor conocimiento de la dinámica y los efectos del cambio de uso de la tierra y cambios

climáticas globales como la salinización y desertificación sobre los ecosistemas halófitos del Chaco. También ayudarán en la deducción de propuestas para el desarrollo sustentable y fundados pronósticos sobre futuros desenvolvimientos regionales y ecorregionales.

Zusammenfassung:

Der Gran Chaco ist ein internationales Sorgenkind im Hinblick auf zunehmende massive Eingriffe in sein sensibles Ökosystem mit seinen besonderen geologischen und klimatischen Verhältnissen. Im Chaco Boreal ist die Übergangszone von den regelmäßig überschwemmten Flächen des Bajo Chaco zum semiariden Zentralen Chaco teilweise stark versalzungsgefährdet. Versalzungen, die in dieser Zone auf natürliche Weise entstehen, treten hier im Bereich von Niederungen und Unterläufen periodisch wasserführender Flüsse auf. Entwaldung, Umwandlung in Kulturland, nicht angepasste Infrastrukturmaßnahmen sowie globale Klimaschwankungen (wie die Klimaphänomene „El Niño“ und „La Niña“) begünstigen zudem die Bodenversalzung.

Ziele dieses Vorhabens sind die pflanzengeographische, pflanzensoziologische und ökologische Charakterisierung der Halophytenvegetation des Chaco Boreal und ihre Stellung im überregionalen/ großräumigen Vergleich. Auf der Grundlage ökologischer Messungen, Vegetationskartierungen und Indikatoreigenschaften der Arten soll die Halophytenvegetation im Chaco Boreal modelliert und eine Entwicklungsprognose der Salzstandorte unter aktuellen Klimawandel- und Landnutzungsszenarien erarbeitet werden.

Erwartete wissenschaftliche Beiträge zum Problemkreis durch das eigene Vorhaben sind der überregionale Vergleich der Pflanzenvielfalt mit anderen halophilen und xerophilen Standorten sowie Populationsstudien, Arealverbreitungen und Standorteigenschaften ausgewählter indigener Pflanzen. Die Halophytenvegetation im Chaco Boreal soll beschrieben und mit den Salzpflanzengesellschaften im Zentrum von Argentinien verglichen werden. Die vorgesehenen phytogeographischen, demographischen und ökosystemaren Untersuchungen sollen dazu beitragen, die Dynamik und die Auswirkungen des Landnutzungswandels und des globalen Klimawandels wie Salinisierung und Desertifikation auf die halophytischen Ökosysteme des Chaco besser zu verstehen und begründete Prognosen über künftige regionale und überregionale Entwicklungen sowie Vorschläge für eine nachhaltige Nutzung abzuleiten.

Introducción

El Gran Chaco es una ecorregion en el centro de Sudamérica con una extensión de 1.066.000 km² que ocupa territorios de cuatro países: Argentina (62,2%), Paraguay (25,4%), Bolivia (11,6%) y Brasil (0,8%). Extendiéndose desde latitudes tropicales (18°S) hasta ambientes subtropicales (31°S), esta ecorregion presenta una gran variedad de climas y relieves que dan origen a una amplia diversidad de ambientes (The Nature Conservancy et al., 2005).

Geográficamente el Chaco Boreal se divide en el Chaco húmedo y el Chaco semiárido (Ramella & Spichiger, 1989). La transición entre la zona de inundaciones periódicas del bajo Chaco y el Chaco Central semiárido se caracteriza por ser una zona con peligro de salinizaciones. La salinizaciones, que en ésta zona son naturales, se encuentran en las cuencas de los riachos y lagunas saladas (Wiebe, 2003). Estos riachos y las lagunas aledañas, conocidos con los nombres de „saladares“ o „salitrales“, se encuentran probablemente ligados a la napa freática salada y elevada de la zona centro-este del Chaco (Mereles, 2004a).

Según Abrol et al. (1988) en Paraguay hay una superficie de 20.000.000 ha con suelos que están influenciados por sal. Detrás de la Argentina con 32.500.000 ha Paraguay es el segundo país más afectado en Sudamérica. A causa del rápido avance de la frontera agrícola se supone que hoy en día esta superficie, especialmente en la zona potencialmente en peligro del Chaco Central, ha sido aumentada considerablemente.

El Chaco adquiere cada vez mayor importancia debido a que gran parte de la Región Oriental se halla ocupada y destinada a zonas de producción luego de la deforestación extensiva (Ministerio de Agricultura y Ganadería et al., 1998). En las últimas décadas se puede observar un avance creciente de grandes empresas agroganaderas que están convirtiendo inmensos territorios de monte y bosques en cultivos y pasturas. La frontera agrícola también se extiende en las regiones más secas y con peligro de salinizaciones.

El Gran Chaco en general es considerado una zona preocupante por ser un ecosistema sensible. Esta sensibilidad está dada por sus particulares condiciones geológicas y climatológicas, que propician de erosión eólica y salinización de suelos y aguas tanto superficiales como subterráneas (Ministerio de Agricultura y Ganadería et al., 1998). Las deforestaciones, los usos agrícolas y ganaderas y las infraestructuras no adecuadas favorecen las salinizaciones de los suelos. La construcción de caminos y represas, que en muchos casos cierran los desagües naturales, disminuyen de esta forma el transporte natural del agua y de las sales. Una tasa de evaporación mas alta que la tasa de infiltración es fundamental para la acumulacion de sales en el suelo. Pero también oscilaciones climáticas (como los fenómenos

climáticas „El Niño“ y „La Niña“) favorecen la salización de los suelos en el Chaco (Wiebe, 2003).

Objetivos del proyecto:

- Caracterización fitogeográfica, fitosociológica y ecológica de la vegetación halófito del Chaco Boreal y su posición en comparación ecorregional.
- Modelización de la vegetación halófito en el Chaco Boreal en base a mediciones ecológicas, mapeos de la vegetación y propiedades específicas de las especies.
- Elaboración de un pronóstico de desarrollo de los saladares y su vegetación halófito en escenarios actuales de cambio climático y cambios en el uso de la tierra.

Antecedentes y estado actual del conocimiento:

(a) Flora y fitogeografía en el área de estudio

La flora y la vegetación del Chaco han sido estudiado ampliamente desde diversos puntos de vista. Según The Nature Conservancy et al. (2005) se estima mas de 3400 especies vegetales para el Gran Chaco Americano.

Desde 1983 el Conservatoire & Jardin botaniques de la Ville de Genève edita en cooperación con el Missouri Botanical Garden la Flora del Paraguay (Spichiger et al. 1983-). Hasta hoy se han publicado 40 familias o parte de ellas, o sea unas 1000 especies Estas publicaciones sirven de fundamento para la determinación taxonómica de la Flora paraguaya.

El Catalogus Hasslerianus, que fue publicado por Ramella (2008, 2009), es un catálogo de las colecciones depositadas en el herbario de Ginebra (G) que fueron colectadas por Emil Hassler y otros botánicos. Las colecciones hechas por Emil Hassler en Paraguay (1885 - 1919) contituyen un documento científico único para el conocimiento de la flora de este país. Se estima que el 90% de las especies existentes en Paraguay son presentes en ellas.

En 2008 Zuloaga et al. editan por primera vez el Cálculo de las Plantas Vasculares del Conosur (Argentina, Bolivia, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay). En esta obra se tratan 17.697 especies válidas, organizadas en orden alfabético por familias y géneros. El catálogo, que tambien está disponible en internet como base de datos, cita referencias bibliográficas y ejemplares de herbario y menciona además informaciones sobre la distribución geográfica y el hábitat de cada especie.

Informaciones importantes respecto a ejemplares de herbario colectadas en Paraguay se puede encontrar también en las bases de datos en Internet como Tropicos.org y Tropicos - Inventario de Colecciones Botánicas de Paraguay (del Missouri Botanical Garden) y CHG (del Conservatoire & Jardin botaniques de la Ville de Genève).

Importantes colecciones de la flora del Paraguay se encuentran depositadas en los herbarios del Conservatoire & Jardin botaniques de la Ville de Genève (G), Missouri Botanical Garden (MO), Instituto Botánico Darwinion (SI), Instituto de Botánica del Noreste en Corrientes (CTES), de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Nacional de Asunción (FCQ) y el herbario del Museo de Historia Natural de la Secretaría del Ambiente del Paraguay (PY).

En los últimos años fueron publicadas varias guías para la determinación de diferentes grupos de plantas, como por ejemplo los árboles comunes (López et al., 2002), árboles y arbustos del Chaco húmedo (Peña-Chocarro et al., 2006), de las plantas comunes en el Chaco Central (Ulmke & August, 2004; Friesen, 2004) y las cactáceas del Paraguay (Pin & Simon, 2004).

Las plantas útiles del Chaco Boreal fueron citadas y descritas por varios Autores, entre otros la etnobotánica Lengua-Maskoy (Arenas, 1981), la etnobotánica de los Ayoreos (Schmeda, 1994), árboles útiles (López et al., 2002) y las plantas medicinales y ornamentales de los humedales (Mereles, 2004b). *Bulnesia sarmientoi*, una especie arbórea con valiosa madera, y *Cyclolepis genistoides*, un arbusto con propiedades terapéuticas, son dos especies características del área de estudio y endémicas del Gran Chaco (Zuloaga et al., 2008).

La biogeografía de América Latina fue descrita por Cabrera (1973). Spichiger et al. (2006) estudiaron la biogeografía de los bosques de la cuenca Paraguay-Paraná y encontraron tres comunidades homogéneas: el Chaco seco, el Chaco seco con facies psamófilas y el bosque semidecídulo paranaense. Además definieron tres comunidades ecotonales: el Chaco húmedo, el ecotono del Paraná con elementos chaqueños y el ecotono del Paraná con elementos del Cerrado.

En la evaluación ecorregional del Gran Chaco Americano (The Nature Conservancy et al., 2005) fueron definidos 53 sistemas ecológicos terrestres agrupados en 44 sistemas de complejos ecológicos.

La vegetación del Chaco Boreal a lo largo del gradiente de precipitación anual media (400-1000 mm) ha sido analizada en varios estudios (Ramela & Spichiger, 1989; Spichiger et al., 1991; Prado, 1993a,b). Mereles (2005) divide la vegetación del Chaco

Boreal en Unidades xerofíticas y mesoxerofíticas y da una sinopsis de las formaciones presentes respecto a factores hidrológicos y edáficos. Navarro (WCS & DeSdelChaco, 2005) define 8 sistemas de paisaje, 17 sistemas de vegetación y 35 unidades de vegetación para la Reserva de Biófera del Chaco paraguayo.

(b) Comunidades de plantas halófitas y su ecología en el área de estudio y en la ecorregión

Galán de Mera & Vicente Orellana (2006) presentan 95 clases de vegetación en una síntesis fitosociológica preliminar sobre la vegetación de la región del Caribe y América del Sur. Para el Chaco Boreal mencionan una clase con un orden y dos alianzas. La vegetación halófitas clasifican en una clase, un orden y tres alianzas. Martínez Carretero (2001) da un esquema sintaxonómico de la vegetación de las regiones salinas de la Argentina y las clasifica en tres clases y seis órdenes.

La vegetación de los saladares del centro de la Argentina fue descrita por Cantero et al. (1996). Ruiz Posse et al. (2007) definen en las Salinas Grandes, una región en el sur de la provincia Catamarca de la Argentina, tres ambientes y 9 subambientes según la vegetación y las características topográficas y edáficas. La presencia de determinadas especies vegetales está gobernada por el efecto de los contenidos salinos, clases texturales y topografía en estrecha relación con la dinámica hídrica y eólica de la zona.

La vegetación de los salitrales, que son cuencas con intensa acumulación de sales, está reducida a halófitas obligadas que en su distribución están limitadas a éstos hábitats (Mittlöhner, 1990). La cantidad de sal presente en estos suelos, limita los tipos de asociaciones vegetales desarrolladas sobre el. Cuando los suelos tienen costras de sal en la superficie, la vegetación toma el aspecto de una estepa en donde aparecen solamente *Sarcocornia perennis* y *Heterostachys ritteriana*, la primera bordeando la depresión y la segunda es la única que se desarrolla con la presencia de la costra, evidencias de una mayor aceptación a los tenores más elevados de sal (Mereles, 2005).

El género *Prosopis* presenta una amplia distribución en el Gran Chaco. Antezana et al. (2000), que estudiaron la ecología y biogeografía del género en Bolivia, mencionan que una característica que sobresale en las especies de *Prosopis* es que son resistentes a la salinidad del suelo. Según Meloni et al. (2008) *Prosopis ruscifolia* Griseb. (viñal) tolera concentraciones salinas equivalentes al agua de mar y excluye iones tóxicos de la parte aérea.

Schinini (2008) describe una nueva especie del género *Tillandsia* endémica de los saladares del Chaco Boreal. *Tillandsia mereliana* crece en el sotobosque de los matorrales

saladares y muestra una gran dependencia de las propiedades del suelo y las especies vegetales que la acompañan.

(c) Dinámica de la vegetación halófila

La característica común de lugares salinos es el elevado contenido de sales solubles en el suelo. En tierra firme los suelos salinos aparecen bajo condiciones climáticas húmedas y áridas. La concentración salina del mar abierto queda constante, pero en zonas de marea y en saladares del interior de los continentes la salinidad es fluctuante (Larcher, 2001).

Salinizaciones edáficas aparecen comunmente en regiones secas donde la evaporación del suelo es superior a la precipitación e infiltración anual (Larcher, 2001). Según Harder et al. (2004) el Chaco Central tiene un déficit hídrico muy elevado, siendo su evaporación alrededor de 1700 mm por año y su precipitación de 830 mm al año.

En regiones sedimentarias como la llanura Chaco-Pampeana, caracterizadas por una muy escasa pendiente regional (<0.1%), las redes de evacuación de agua superficial y sales hacia los ríos o el océano son pobres y los excesos hídricos se traducen, con frecuencia, en inundaciones y redistribución local de sales. Los cambios en el uso de la tierra afectan en forma intensa y difícil de anticipar el transporte vertical y horizontal de agua subterránea y sales (Jobbágy et al., 2008).

Nebbia & Zalba (2007) clasificaron y mapearon las unidades de vegetación de las halófitas costeras en la Bahía Blanca, Argentina. Comparando los valores obtenidos a partir de los censos florísticos con datos provenientes de estudios fitosociológicos desarrollados en el área entre 1949 y 1950 encontraron un aumento del porcentaje de especies exóticas.

Según Yensen (2008) en el siglo 21 probablemente se extenderá la agricultura en las zonas salinas. La reducción de las reservas de agua dulce obligará a la población usar los suelos y acuíferos salinos ampliamente distribuidos.

(d) Escenarios de cambio climático en Paraguay y en el Chaco

Debido a su posición en el trópico de Capricornio en el Chaco Boreal predomina un clima de transición tropical-subtropical. La barrera de los Andes bloquea en Sudamérica central la influencia del océano pacífico. Paraguay no presenta ninguna barrera hacia las zonas ecuatorial y subantártica razón por la cual el tiempo en el país es muy cambiante (Esser, 1982).

Vientos cálidos del norte, que durante el invierno seco producen fuertes tormentas de arena, y vientos fríos del sur determinan el tiempo chaqueño. Sin embargo vientos del este y oeste son muy raros. Vientos erosionantes con velocidades mayores de 22 km/h previenen en un 80% de la dirección norte o noreste (Wiebe, 2003). El invierno del Chaco (Mayo - Octubre) es un período sin o solamente con pocas precipitaciones mientras que las cortas e intensas lluvias en el verano (Noviembre – Abril) constituyen casi el total de la precipitación anual.

Fenómenos climáticos globales como la Oscilación del Sur El Niño (El Niño-Southern Oscillation, ENSO, por sus siglas en inglés) produjeron en Sudamérica en diferentes ocasiones precipitaciones extremas e inundaciones (Grimm & Tedeschi, 2009). Debido al fenómeno „El Niño“ se registraron en el Chaco Boreal en los años 1984 y 1997/98 considerables incrementos de las precipitaciones (Wiebe, 2003).

Las fases de estas oscilaciones climáticas, como „El Niño“ y lo opuesto „La Niña“ causan según Barros et al. (2008) diferentes tendencias de precipitación en el sur de Sudamérica. En el Chaco Boreal se registran por eso con cierta repetición años extremadamente secos. Así fué que en el año 2002 en el Chaco Central se registró una precipitación anual de tan solo 469 mm (Harder et al. 2004). En los últimos tres años se observa una reducción de las precipitaciones anuales en el Chaco Boreal lo que intensifica los efectos de desertificación y salinización.

Proyecciones del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) en el 2007 indican para el Paraguay que los valores de incremento en la temperatura podrían llegar hasta 1°C por encima de la media climatológica del periodo 1961-90 para el 2020. Para la precipitación los modelos advierten un decrecimiento hacia el oeste y noreste del país y los mayores incrementos se darían hacia el norte, este y sureste, o sea hacia la cuenca del Río Paraná (Plataforma climatológica Latinoamericana, 2009).

(e) Cambio del uso de la tierra y crecimiento poblacional en el Chaco Boreal

La historia de la colonización del actual Chaco paraguayo empezó con la aparición de cazadores y recolectores hace alrededor de 12.000 años. Sin embargo, las huellas del paso de estos habitantes por esa extensa región son muy escasas. La primera colonización agrícola por inmigrantes se realizó a mediados del siglo XIX, en el área de Villa Hayes, no lejos de Asunción (Ministerio de Agricultura y Ganadería et al., 1998).

Desde 1927 el Chaco Central está colonizado por agricultores menonitas. En la actualidad este grupo conforma la comunidad económicamente más poderosa de la zona,

por la producción de carne y leche. La ganadería en forma extensiva está manejada también por otros estancieros paraguayos e inversionistas extranjeros. Las imágenes satelitales y fotos aéreas contribuyen a tener una visión del crecimiento de la colonización y del uso de la tierra en el Chaco. Inmensos territorios de monte y bosques se convierten en tierras de cultivos. Generalmente predomina la deforestación total, ya que este método promete una rápida amortización de las inversiones.

El uso y aprovechamiento progresivo de las zonas sensibles del Chaco produjo un incremento visible de las salinizaciones. Salinizaciones superficiales drásticas fueron observadas por primera vez en el año 1984 después del fenómeno El Niño cuando se registraron precipitaciones de 400-700 mm en 14 días. Las zonas afectadas fueron principalmente las cuencas desestabilizadas por impactos antrópicos. Además por los represamientos de los algunos riachos fueron observadas también crecientes salinizaciones en las zonas de desagüe (Wiebe, 2003).

El principal factor limitante para el desarrollo del Chaco es la escasez de agua dulce. En algunas áreas no existe agua subterránea; en otros es tan salada que no es aprovechable ni para el humano ni para el ganado. Solamente bajo condiciones especiales se desarrollan algunos reservorios de agua dulce en los acuíferos (Ministerio de Agricultura y Ganadería et al., 1998). La economía en el Chaco se basa principalmente en la producción agropecuaria y agroindustrial, para la cual el agua es el factor productivo fundamental y el que más limita los rendimientos y la producción sustentable (Harder et al., 2004). En la actualidad se realizan planificaciones y preparativos para la construcción de un acueducto desde el Río Paraguay hasta el Chaco Central. Aunque esta iniciativa solucionará el problema del agua potable, es difícil predecir el efecto que tendrá sobre el sensible ecosistema del Chaco.

Contribuciones científicas esperadas:

- a) Flora y fitogeografía en el Chaco Boreal: Se comparará la diversidad vegetal a nivel ecorregional con otros hábitats halófitos y xerófitos. De dos plantas útiles nativas (*Bulnesia sarmientoi* y *Cyclolepis genistoides*) se realizarán estudios poblacionales y se describirán la distribución geográfica y las características de sus hábitats. Además se analizarán la diversidad de las plantas suculentas y las propiedades de sus hábitats en el área de estudio.
- b) Comunidades de plantas halófitas y su ecología en el Chaco Boreal: Se describirán las comunidades de vegetación halófitas, se preparará un esquema sintaxonómico para las mismas y se las compararán con comunidades de plantas halófitas del centro de la Argentina. Además se analizará la ecología de la *Tillandsia mereliana* y de las especies comunes del género *Prosopis* en el área de estudio.
- c) Dinámica de la vegetación halófitas: Se comparará la vegetación halófitas de saladares naturales con lugares salinizados por usos antrópicos. En contexto ecorregional se caracterizará la dinámica de la vegetación halófitas en el Gran Chaco. Los estudios además contribuirán al mejor conocimiento de la sucesión de la vegetación en suelos salinos deforestados.
- d) Escenarios de cambio climático en Paraguay y en el Chaco: Los estudios ecológicos en los saladares del Gran Chaco aportarán importantes datos para una mejor comprensión de los efectos del cambio climático global, como la desertificación y salinización, sobre los ecosistemas halófitos del Chaco.
- e) Cambios en el uso de la tierra y crecimiento poblacional en el Chaco Boreal: A través de diferentes enfoques (fitogeográficos, demográficos y ecosistémicos) se diferenciarán los efectos de las intervenciones antrópicas y de los procesos naturales. Además a partir de los estudios se deducirá fundados pronósticos sobre futuros desenvolvimientos regionales y ecorregionales y propuestas para el desarrollo sustentable.

Programa de trabajo y metodología:

A) Área de estudio

En el Chaco Boreal se estudiará la vegetación halófitas a lo largo del gradiente de precipitación anual entre 58,4° y 59,4°W y 21° hasta 23°S. En el área de estudio se encuentra una gran cantidad de riachos y lagunas saladas. El área mencionado fue elegido

porque presenta una gran cantidad de saladares representativos y se ubica en la zona con peligro de salinizaciones que forma la transición entre la zona de inundaciones periódicas del bajo Chaco y el Chaco Central semiárido.

En cuanto a los impactos antrópicos el área de estudio puede ser dividido en dos zonas. La zona entre los grados de latitud 22° y 23°S presenta procesos de salinización especialmente fuertes por el uso antrópico. Debido a que en el norte del área de estudio no hay tan fuertes impactos antrópicos se compararán las salinizaciones naturales en ésta zona con los saladares influenciados por usos antrópicos en el sur.

Además se visitarán las regiones salinas en el centro de la Argentina y se compararán los estudios de la vegetación halófila hechos en Argentina con los datos tomados en el Chaco Boreal.

B) Trabajos de campo

Levantamiento de datos

- Para poder registrar mejor la ecología y dinámica de la flora y vegetación se harán estudios a lo largo de los gradientes Este-Oeste y Norte-Sur.
- En la vegetación halófila herbácea, que se encuentra principalmente en los bordes de las lagunas y riachos, se estudiarán parcelas de $\leq 16 \text{ m}^2$ en vegetación fisionómica homogénea.
- En la vegetación leñosa se instalarán transectas continuas y discontinuas cada una con una longitud aproximada de 100 m a lo largo del gradiente salino. En cada transecta discontinua se analizarán por lo menos 3 parcelas, cada una en vegetación fisionómica homogénea. En todas las transectas se prepararán parcelas de 100 m^2 .
- Debido a que en el suroeste del área de estudio se puede observar una alta influencia antrópica (especialmente por deforestaciones y contrucciones de caminos) sobre la vegetación y salinización del suelo se estudiará también la vegetación secundaria y se analizará la sucesión de la vegetación.

Diversidad

- En cada parcela de estudio se estimará los grados de cobertura total, de cada estrato de vegetación, de la hojarazca y del suelo abierto. Además se contará los estratos de vegetación y se estimará la altura máxima y media de cada una.
- De cada parcela se elaborará una lista de especies con datos exactos de la forma de vida y grado de cobertura de cada especie. Además se contará todas las especies leñosas con un

DAP \geq 10cm presentes en las parcelas y se medirá la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de cada una.

- Para una mejor determinación y documentación de las especies vegetales se prepararán ejemplares de herbario.

Mapeo

- Con ayuda de imágenes satelitales se mapeará la distribución de las unidades de vegetación en áreas representativas del área de estudio.
- En un sobrevuelo se tomará fotos del área de estudio para poder entender y mapear mejor la dimensión, la distribución y composición de la vegetación halófitas.

Análisis de muestras de suelo y agua

- En cada unidad de vegetación estudiada en el área de estudio se prepararán 10 perfiles de suelo respectivamente. Los perfiles de suelo se prepararán en parcelas elegidas al azar. Se determinará la textura y el tipo de suelo y se tomarán muestras de suelo para su análisis en el laboratorio.
- Además se tomarán muestras de agua de las lagunas y riachos para poder analizar y comparar los tipos y las concentraciones de sal.

C) Trabajos de laboratorio

Determinaciones taxonómicas de las plantas

Los ejemplares de herbario colectados se determinarán taxonómicamente y se depositarán en los herbarios FCQ (Herbario de la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Asunción) y CTES (Herbario del Instituto de Botánica del Noreste en Corrientes, Argentina). Además se depositarán duplicados en el herbario GOET de la Georg-August-Universität Göttingen.

Para solucionar problemas taxonómicos y determinar las distribuciones geográficas de las plantas halófitas se harán investigaciones en los herbarios G de Ginebra y MO del Missouri Botanical Garden.

Análisis de las muestras de suelo y agua

Los análisis de las muestras de suelo y agua se realizarán en los laboratorios de la Universidad Nacional de Asunción. Los parámetros a ser analizados en las muestras de suelo son: granulometría, materia orgánica, pH, conductividad eléctrica, sodio, magnesio,

calcio y el tipo de sal. De las muestras de agua se harán análisis químicos respecto a la composición y concentración salina.

D) Análisis de datos

Para el análisis de los datos de vegetación se usará programas calificadas para este fin (Turboveg, Juice, Canoco, etc.). El mapeo y el análisis de los puntos de GPS se realizan con el programa ArcGIS.

Cronograma

Periodo	Actividades
Octubre – Diciembre 2010	- Preparaciones, Solicitudes, Permisos - Trabajos de campo en el Chaco paraguayo
Enero – Marzo 2011	- Determinaciones taxonómicas y análisis de muestras de suelo en la Universidad Nacional de Asunción - Primeros contactos con botánicos argentinos que trabajan von vegetación halófito
Abril – Junio 2011	- Cursos y seminarios en Göttingen - Primeros análisis de los datos
Julio – Setiembre 2011	- Cursos y seminarios en Göttingen - Determinaciones taxonómicas e investigaciones bibliográficas en el Herbario de Ginebra
Oktobre – Diciembre 2011	- Trabajos de campo en el área de estudio en Paraguay.
Enero – Marzo 2012	- Visita a varios lugares con saladares y vegetación halófito en centro de la Argentina - Determinaciones taxonómicas e investigaciones en los Herbarios FCQ y CTES
Abril – Junio 2012	- Cursos y Seminarios en Göttingen - Análisis de los datos
Julio – Setiembre 2012	- Cursos y seminarios - Jornada internacional de la Sociedad de Ecología (Gesellschaft für Ökologie, GfÖ). - Análisis y primera publicación
Octubre – Diciembre 2012	- Investigaciones en el herbario MO del Missouri Botanical Garden en Estados Unidos.
Enero – Marzo 2013	- Seminarios - Análisis y publicaciones
Abril – Junio 2013	- Seminarios - 56. Simposio de la International Association for Vegetation Science, Tartu, Estonia - Análisis y publicaciones
Julio – Setiembre 2013	- Correcciones - Defensa de la tesis doctoral

Bibliografía

- Abrol, I.P., J.S.P. Yadav & F.I. Massoud (1988): Salt-affected soils and their management. FAO Soils Bulletin 39. Rome.
- Antezana, C., et al. (2000): Ecología y Biogeografía del Género *Prosopis* (Mimosaceae) en Bolivia. *Rev. Bol. Ecol.* 8: 25-36.
- ARENAS, P. (1981): Etnobotánica Lengua – Maskoy. Fundación para la Educación, Ciencia y Cultura. Buenos Aires.
- Barros, V.R., M. E. Doyle & I. A. Camilloni. (2008): Precipitation trends in southeastern South America: relationship with ENSO phases and with low-level circulation. *Theor. Appl. Climatol.* 93: 19–33
- Cabrera, A.L. & A. Willink (1973): Biogeografía de América latina. OEA, Washington.
- Cantero, J.J., A. Cantero & J. M. Cisneros (1996): La vegetación de los paisajes hidrohalmórficos del centro de Argentina. Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto, Argentina.
- Catalogue des herbiers de Genève (CHG). Conservatoire & Jardin botaniques de la Ville de Genève. 14-05-2010 <<http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/chg>>
- Esser, G. (1982): Vegetationsgliederung und Kakteenvegetation von Paraguay. *Tropische und Subtropische Pflanzenwelt* 38. Akad. d. Wiss. Mainz; F. Steiner Verlag, Wiesbaden. 113 S. mit Faltkarte.
- Friesen, V. (2004): Una guía para plantas leñosas del Chaco / Ein Feldführer für Chacogehölze. INTTAS (ed). Fachverlag Uniglobia. Herborn, Deutschland.
- Galán de Mera, A. & J.A. Vicente Orellana (2006): Aproximación al esquema sintaxonómico de la vegetación de la región del Caribe y América del Sur. *Anales de Biología* 28: 3-27.
- Grimm, A.M. & R. G. Tedeschi. (2009): ENSO and Extreme Rainfall Events in South America. *American Meteorological Society. Journal of climate* 22: 1589-1609.
- Harder, W., H. Thiessen & N. Klassen. (2004): Libro de Agua – colecta, almacenamiento y reciclaje de Agua en el Chaco Central. Chortizer Komitee LTDA. & INTTAS. Loma Plata, Paraguay.
- Jobbágy, E. G., et al. (2008): El desafío ecohidrológico de las transiciones entre sistemas leñosos y herbáceos en la llanura Chaco-Pampeana. *Ecología Austral* 18:305-322.
- Larcher, W. (2001): *Ökophysiologie der Pflanzen – Leben, Leistung und Stressbewältigung der Pflanzen in ihrer Umwelt*. 6. Aufl. Ulmer, Stuttgart.
- López, J. A., et al. (2002): Árboles comunes del Paraguay – Ñande yvyra mata kuera. 2da. ed. Cuerpo de Paz & Carrera de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Agrarias (U.N.A.). Asunción.
- Martínez Carretero, E. (2001): Esquema sintaxonómico de la vegetación de regiones salinas de Argentina. *Multequina* 10: 67-74.
- Meloni, D. A., M. R. Gulotta & C. A. Martínez. (2008): *Prosopis ruscifolia* Griseb. (vinal) tolera concentraciones salinas equivalentes al agua de mar y excluye iones tóxicos de la parte aérea. *Revista de Ciencias Forestales – Quebracho* N° 16: 32-40.
- Mereles, F. (2004a): Los humedales del Paraguay: principales tipos de vegetación. IN: Salas, D., Mereles, F. & A. Yanosky (eds.). *Humedales de Paraguay*. RAMSAR, Fundación Moisés Bertoni, Diners International, Departamento de Estado, U.S.A., 67-88.
- Mereles, F. (2004b): Las plantas útiles de los humedales de Paraguay. IN: Salas, D., Mereles, F. & A. Yanosky (eds.). *Humedales de Paraguay*. RAMSAR, Fundación Moisés Bertoni, Diners International, Departamento de Estado, U.S.A., 67-88.
- Mereles, F. (2005): Una aproximación al conocimiento de las formaciones vegetales del Chaco Boreal, Paraguay. *Rojasiana* 6 (2): 5-48.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Dirección de Ordenamiento Ambiental (DOA)

- & Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) (1998): Chaco – Schutz und nachhaltige Nutzung. Erfassung, Bewertung und Empfehlungen zum Schutz des Naturraumpotentials der Westregions Paraguays. 21 S.
- Mitlöhner, R. (1990): Die Konkurrenz der Holzgewächse im regengrünen Trockenwald des Chaco Boreal, Paraguay. Göttinger Beiträge zur Land- und Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen. Heft 54.
- Nebbia, A. J. & S. M. Zalba. (2007): Comunidades Halófilas de la costa de la Bahía Blanca (Argentina): Caracterización, mapeo y cambios durante los últimos cincuenta años. Bol. Soc. Argent. Bot. 42 (3-4): 261 - 271.
- Peña-Chocarro, M., J. De Egea, M. Vera, H. Maturo & S. Knapp. (2006): Guía de Árboles y Arbustos del Chaco Húmedo. J. De Egea & M. Peña-Chocarro (ed.). The Natural History Museum, Guyra Paraguay, Fundación Moisés Bertoni y Fundación Hábitat y Desarrollo. Asuncion, Paraguay.
- Pin, A. B. & J. Simon (2004): Guía ilustrada de los Cactus del Paraguay. Secretaria del Ambiente & Grup de Recerca en Biosistemática i Biodiversitat Vegetal (GreB). Asunción, Paraguay.
- Plataforma climatológica Latinoamericana (2009): Foro latinoamericano de cambio climático: los retos para Paraguay. Disponible en Internet: <<http://www.plataformaclimaticalatinoamericana.org>>
- Prado, D.E. (1993a): What is the Gran Chaco vegetation in South America? I. A review. Contribution to the study of the flora and vegetation of the Chaco. V. *Candollea*, 48: 145-172.
- Prado, D.E. (1993b): What is the Gran Chaco vegetation in South America? II. A redefinition. Contribution to the study of the flora and vegetation of the Chaco. VII. *Candollea* 48: 615-629.
- Ramella, L. & Spichiger, R. (1989): Interpretación preliminar del medio físico y de la vegetación del Chaco Boreal. Contribución al estudio de la flora y la vegetación del Chaco. I. *Candollea* 44(2): 639-680.
- Ramella, L. (2008, 2009): Catalogus Hasslerianus, partes 1 y 2. Catálogo de las colecciones de Paraguay y regiones adyacentes hechas por Emil Hassler y otros colectores conservados en el Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève. Flora del Paraguay, Series especiales 4 y 5. Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève, Suiza.
- Ruiz Posse, E., et al. (2007): Ambientes de las Salinas Grandes de Catamarca, Argentina. *Multequina* 16: 123–137.
- Schinini, A. (2008): Nueva cita para Paraguay – *Tillandsia mereliana* Schinini, Nov. Spec. *Rojasiana* 8 (1): 73-76.
- SCHMEDA, G. (1994): Etnobotánica Ayoreo. *Revista Universum*, Universidad de Talca, Chile: 107 – 156.
- Spichiger, R., L. Ramella, G. Bocquet & P. Perret (ed.) (1983-). Flora del Paraguay 1-40. Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève, Suiza & Missouri Botanical Garden, St. Louis, USA.
- Spichiger, R., L. Ramella, L. Palese, R. & F. Mereles (1991). Proposición de leyenda para la cartografía de las formaciones vegetales del Chaco paraguayo. Contribución al estudio de la flora y la vegetación del Chaco. III. *Candollea* 46(2): 541-564.
- Spichiger, R. et al. (2006): Biogeography of the Forests of the Paraguay-Paraná Basin. In: Pennington, R.T, G.P. Lewis & J.A. Ratter (editors). Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography and conservation. The Systematics Association, Special Volume Series 69. CRC-Taylor and Francis. Boca Raton, FL. 193-211.
- The Nature Conservancy (TNC), Fundación Vida Silvestre Argentina (FVSA), Fundación

- para el Desarrollo del Chaco (DeSdelChaco) & Wildlife Conservation Society Bolivia (WCS). (2005): Evaluación Ecorregional del Gran Chaco Americano / Gran Chaco Americano Ecoregional Assessment. Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires.
- Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 14 May 2010 <<http://www.tropicos.org>>.
- Tropicos - Inventario de Colecciones Botánicas de Paraguay (en avance). 14 May 2010 <<http://mobot.mobot.org/W3T/Search/Paraguay/projsppc.html>>.
- Ulmke, C. & L. August. (2004): Kleiner Pflanzenführer für den paraguayischen Chaco / Una guía para plantas nativas del Chaco paraguayo. INTTAS (ed). Fachverlag Uniglobia. Herborn, Deutschland.
- WCS & DeSdelChaco (2005): Unidades Ambientales de la Reserva de la Biósfera del Chaco Paraguayo. Rumiz, D.I. & L. Villalba (eds.). Wildlife Conservation Society (WCS) & Fundación para el Desarrollo Sustentable del Chaco (DeSdelChaco). Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- Wiebe, S. (2003): Abhängigkeiten der Bodenversalzung von pedologischen, klimatischen, hydrologischen und anthropogenen Faktoren im semiariden Klima des Chaco Boreal, Paraguay. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Der Andere Verlag, Osnabrück.
- Yensen, N. P. (2008): Halophyte uses for the twenty-first century. In: Khan, M.A. & D.J.Weber (eds.). Ecophysiology of High Salinity Tolerant Plants. Tasks for Vegetation Science No. 40. Springer Science + Business Media B.V. Dordrecht, The Netherlands. 367-396.
- Zuloaga, F. O., O. Morrone y M. Belgrano (Eds). 2008: Catálogo de las plantas vasculares del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay). Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 107. Missouri Botanical Garden Press. St. Louis, MO. USA. Vols. I - III. (También disponible en Internet: <<http://www2.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/FA.asp>>).

Göttingen, 28.08.2010
 Lugar, Fecha


 Lic. Biol. Christian Vogt