



Ministerio
del Ambiente

Viceministerio de Desarrollo
Estratégico de los Recursos
Naturales

Dirección General de Diversidad
Biológica

*“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año de la Promoción de la Industria Responsable y del Compromiso Climático”*

CONSULTORÍA

“SERVICIO DE SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE UN DOCUMENTO SUSTENTATORIO SOBRE CENTROS DE ORIGEN Y DIVERSIDAD GENÉTICA PARA EL CONVENIO SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA - CBD”

Responsable: Fabiola Alexandra Parra Rondinel

Julio del 2014

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO.....	4
1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. ANTECEDENTES.....	8
3. OBJETIVOS.....	9
4. ENFOQUE Y ALCANCE.....	9
5. METODOLOGÍA.....	9
6. RESULTADOS FINALES.....	10
6.1. Los procesos de domesticación.	10
6.1.1. Los procesos de domesticación incipiente.	12
6.2. Los parientes silvestres de plantas domesticadas.....	14
6.2.1 La importancia de los parientes silvestres.	15
6.3 Los centros de diversidad de parientes silvestres.	18
6.4 La definición de los centros de origen de plantas cultivadas o de domesticación..	19
6.4.1 Los Centros de Domesticación de plantas cultivadas	19
6.4.2. Los Centros de domesticación y parientes silvestres.....	20
6.4.3 Los Centros de Origen de Nikolai Vavilov.....	20
6.4.4. Los centros y no centros de origen de plantas cultivadas de Jack Harlan.....	22
6.4.5 El debate de los conceptos de Centro de origen y centros de diversidad de plantas cultivadas.	23
6.4.6. Distribución latitudinal de los centros de origen de plantas cultivadas.....	28
6.4.7 Uno versus múltiples eventos de domesticación.	28
6.4.7.1 Eventos únicos de domesticación.	29
6.4.7.2 Múltiple eventos de domesticación.	30
6.4.8 Centros de origen y patrones de distribución de parientes silvestres.....	32

6.5	Centros de Diversidad de plantas domesticadas.....	34
6.5.1	Los centros de diversidad genética de plantas cultivadas y el manejo humano.....	36
6.6	Los centros de diversidad biocultural.	38
6.6.1	Procesos vigentes de domesticación en los centros de diversidad biocultural.	40
6.7	Flujo de semillas: redes de intercambio.....	41
6.7.1	El intercambio de semillas en la región Andina.....	42
6.7.2	La importancia del intercambio de semillas en centros de origen y diversidad de plantas cultivadas.	45
6.8	Sobre los conceptos de Centro de Origen y Centro de Diversidad en las decisiones de las Conferencias de las partes de la Convención de Diversidad Biológica.....	46
7.	DISCUSIÓN.....	47
8.	CONCLUSIONES.....	50
9.	RECOMENDACIONES.....	52
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
11.	ANEXOS.....	65

RESUMEN EJECUTIVO

Entender los procesos de domesticación de plantas para poder comprender la definición de centros de origen y diversidad de cultivos es fundamental. Es importante comprender que estos procesos son llevados a cabo vía la selección artificial a la cual se suman los procesos naturales como es la selección natural, y que son procesos continuos. Asimismo, es crucial reconocer a los parientes silvestres, su importancia y los avances alcanzados hasta el momento en la determinación de las zonas de distribución de sus poblaciones, de manera que sea posible definir la parte de la historia natural que esta detrás del origen de las plantas cultivadas y plantear estrategias de reconocimiento de áreas prioritarias de conservación. Los parientes silvestres representan un acervo genético fundamental para el mejoramiento genético de los diferentes cultivos, más aún en el contexto actual de cambio climático y donde las variaciones de ecosistemas donde se distribuyen, generalmente muy diversos, representan los escenarios naturales a los que se adaptan dichas especies silvestres, de manera que brindarán así características necesarias para cubrir las múltiples alternativas a futuro que se presentaran por el cambio climático. La definición de centros de origen se remonta a fines del siglo XIX con de Candolle, a partir de lo cual se genera el debate científico acerca de la identificación de estos espacios en base a la determinación de la distribución de los parientes silvestres de los cultivos, la presencia de alta variabilidad genética, estudios arqueológicos que reconstruyen parte de la historia, estudios fitogeográficos, entre otros, debate que pasa por autores como Vavilov, Harlan, Zohary y Hawkes. Se diferencia conceptualmente a los centros de diversidad de plantas cultivadas, en función del origen y los procesos como el manejo humano que interactúan con condiciones ambientales altamente variables que promueven altos niveles de diversidad morfológica. Los procesos de diversificación y por lo tanto los centros de diversidad genética surgen después de que ha ocurrido la domesticación de las plantas cultivadas, pudiendo encontrarse tanto dentro de un mismo sitio de origen o fuera de este producto del movimiento por vía la mano del hombre. Coincidentemente estos centros de origen y diversidad de plantas cultivadas suelen hallarse en los centros de diversidad biocultural, que son escenarios donde confluyen altos niveles de diversidad biológica y lingüística y suelen también representar espacios donde predomina la diversidad agrícola, por todo lo cual son sitios a priorizar mediante la conservación, tanto de la diversidad genética, como la conservación de los “conservadores”, de los manejadores de la diversidad como son los grupos culturales indígenas principalmente y los procesos culturales y naturales involucrados en este manejo, es decir, plantear estrategias de conservación *in situ* de la agrobiodiversidad y estudiar los procesos bioculturales que contribuyen con la generación de esta agrobiodiversidad. Esta información y conceptos son revisados y mencionados muy superficialmente en las Decisiones tomadas en las COPs del Convenio de Diversidad Biológica por lo que se sugiere profundizar en las mismas e incorporarlas en dichas decisiones para fortalecerlas.

Se concluye que es más viable identificar centros de diversidad genética de plantas cultivadas que los centros de origen de plantas cultivadas, a partir de evaluar la distribución actual de la diversidad genotípica y fenotípica de los cultivos en un espacio geográfico determinado, mientras que determinar el centro de origen demanda una reconstrucción histórica y múltiples evidencias obtenidas a partir de disciplinas tanto de las ciencias naturales como ciencias sociales, pudiendo existir múltiples centros de origen de una misma planta cultivada. A pesar de estas dificultades, es ampliamente reconocido que el Perú como parte de la región andina, es un centro importante e independiente de origen de plantas cultivadas y por lo tanto un territorio prioritario a considerar bajo un tratamiento especial. Se propone orientar esfuerzos en la investigación de la distribución y conservación de los parientes silvestres de las plantas cultivadas que generalmente coincide con los centros de origen y diversidad,

por representar fuente de variación genética potencial para el mejoramiento de los cultivos, ahora de mayor importancia por los escenarios futuros de incertidumbre ambiental producto del cambio climático. Asimismo se propone a la conservación in situ como la estrategia a seguir para lograr la conservación de la diversidad genética así como estudiar, mantener y promover los procesos culturales inherentes a esta diversidad, donde resalta el papel fundamental del mantenimiento de las redes de semillas en dentro y entre localidades o regiones distantes como una de las prácticas que revitalizan los sistemas de cultivos tradicionales, todo lo cual es representativo de los centros de diversidad biocultural y característico de centros de origen y principalmente centros de diversidad genética de plantas cultivadas donde se desarrolla la agricultura familiar o pequeña agricultura tradicional. Y finalmente se propone la generación de propuestas de áreas de conservación de agrobiodiversidad en centros de origen o centros de diversidad bajo el modelo de “matriz de paisaje” o “archipiélagos de conservación” que incorpora los componentes agrícolas y su entorno natural o entorno mayor, de manera que conformen una suerte de corredores biológicos, que reflejen su conectividad resultado del flujo libre y continuo de semillas y de los conocimientos detrás de las semillas. Se recomienda realizar una reunión con expertos para revisar los conceptos aquí planteados, las estrategias a seguir e iniciar una agenda de investigación consensuada sobre centros de origen y diversidad genética de plantas cultivadas y sus parientes silvestres.

1. INTRODUCCIÓN

La importancia que ha tenido la domesticación de plantas sobre la humanidad se refleja en la frase de Harlan (1992: 3) “una planta completamente domesticada no puede sobrevivir sin la ayuda del hombre, pero sólo una pequeña fracción de la población humana podría sobrevivir sin las plantas cultivadas”. La diversidad que encontramos actualmente bajo sistemas de cultivos modernos es resultado de procesos de evolución de miles de años, de interacción entre el hombre y la naturaleza que ha producido la gran diversidad que hoy alimenta a millones de personas en el mundo, y tal como sucede con la evolución biológica, la evolución de los cultivos involucra dos procesos esenciales: la creación y la selección (Harris y Hillman, 1989) y como proceso evolutivo debe mantenerse activo y continuo por ser un sistema vivo y cambiante, si quiere continuar siendo viable (Brush, 1999).

Tal como la selección natural, estos procesos bajo manejo humano necesitan de diversidad genética para generar más diversidad. Y esta diversidad no sólo se trata de aquella que se halla bajo cultivo, sino también de la diversidad que rodea a estos campos de cultivo, es decir, los ecosistemas que conforman los hábitats donde se encuentran los parientes y/o ancestros silvestres de las plantas cultivadas domesticadas.

Identificar los sitios donde se originaron las plantas cultivadas que vemos hoy en día es parte de un esfuerzo orientado a reconstruir la historia de los orígenes de la agricultura, la cual significó una “revolución neolítica” en la medida que transformó las formas ancestrales de agrupaciones culturales tales como los cazadores recolectores, la organización y economías iniciales, locales, en economías y sociedades agrícolas, que se sucedieron mediante la transformación de sus ecosistemas y de la tierra en general (Smith, 2001). Esto implica reconstruir la evolución de las economías agrícolas y los cambios sociológicos que han ocurrido desde la época de los cazadores recolectores hasta las sociedades industriales (Harlan, 1975) y así contribuir a entender cuales fueron los caminos que llevaron al surgimiento de estas sociedades y los procesos que determinaron que de una gama de recursos naturales se seleccionaran unos pocos con base en los requerimientos de las culturas indígenas y del contexto natural en que se encontraban.

El estudio de los centros de origen de plantas cultivadas evolucionó desde la delimitación geográfica que propuso Vavilov (1926, 1951) en que se identificaban regiones donde la agricultura se había llevado por largo tiempo y donde emergieron las civilizaciones indígenas. Pero desde aquellos tiempos hasta la actualidad, han surgido nuevos aportes y se han identificado patrones más complejos que vislumbran posibles centros de origen mucho más extensos y difusos que los que alguna vez sustentó Vavilov, debido principalmente a la distribución de los ancestros silvestres (Harlan, 1975), pero sin dejar de reconocer la hipótesis de existencia de regiones delimitadas donde se originaron no sólo uno sino varios cultivos coincidentemente con animales domesticados a partir de lo cual se expandieron a otras regiones. La tarea no es sencilla, debido a que se requieren esfuerzos y extensa evidencia arqueológica, arqueobotánica, lingüística, combinada con aproximaciones ecológicas, entre otros. Por lo tanto la determinación de un centro de origen de un cultivo es resultado de sustentar una hipótesis mediante la integración de resultados obtenidos de diferentes disciplinas. Precisamente Zohary (1970) plantea que hablar de un “centro de origen” se refiere a una interpretación, que correspondería al lugar donde se originó la domesticación (centros “primarios” de Vavilov), mientras que un “centro de diversidad” es un hecho comprobable o verificable (centros “secundarios” de Vavilov), que se refiere a lo que sucedió luego de la domesticación de una especie.

A pesar de tratarse de aproximaciones que buscan interpretar evidencias para definir o no a una región geográfica como un centro de origen, es fundamental el estudio de estos planteamientos y su determinación en la medida que suelen coincidir con los centros de diversidad biocultural identificados por Toledo y Barrera-Bassols

(2008) donde se siguen llevando a cabo procesos de uso, manejo y domesticación no solo de plantas cultivadas, sino también de diversos recursos y paisajes como producto de la compleja red de interacciones entre las culturas que allí se establecen y la gran diversidad biológica que allí se distribuye.

De manera contrastante a los centros de origen de las plantas cultivadas, los centros de diversidad pueden ser identificados directamente mediante la genética, morfología, lingüística y muchas otras disciplinas que estudien las variantes, razas, ecotipos, morfotipos, etc, distribuidos en una región determinada. En efecto, la generación de variabilidad morfológica es una de las consecuencias de los procesos de domesticación (Pickersgill, 2007) por lo que el encontrar muchas variantes de un mismo cultivo es parte del denominado “síndromes de domesticación” (Hawkes, 1983, Gepts, 2004) que refleja la diversificación dentro de un mismo cultivo como resultado de la integración de los procesos naturales como selección natural, deriva génica, flujo génico a los que están sometido los cultivos, más el manejo humano de la variabilidad (selección artificial) y de los múltiples hábitats donde estos se pueden establecer, incluyendo aquellos donde se distribuyen sus parientes silvestre, que a su vez fungen como acervo genético natural de gran capacidad de introgresión con sus respectivos cultivos (Ellstrand, 2003). Asimismo, la diversidad en estas zonas es resultado del libre y continuo movimiento de semillas dentro y entre campos de cultivo y localidades principalmente (Pautasso et al., 2013) realizado por la mano del hombre.

De aquí se desprende que la diversidad en los sistemas de cultivo es principalmente resultado de la diversidad humana (Harlan, 1975), la cual refleja la gran diversidad indígena- lingüística que junto con la diversidad biológica generan una compleja gama de relaciones (Toledo y Barrera-Bassols,., 2008), donde los diferentes criterios y requerimientos de selección humana llevados a cabo a lo largo de la historia de su uso (Boster, 1984, Brush, 2004; Pickersgill, 2007; Jarvis et al., 2008) y de la diversidad ecológica donde se distribuyen dichos cultivos (Harlan, 1975, Brush, 2004, Bellon, 1996) a conservado y generado agrobiodiversidad. Y si bien un centro de diversidad no necesariamente es parte de un centro de origen de plantas cultivadas, en el planeta hay varios escenarios donde si existen coincidencias (Gepts, 2006), y donde se puede encontrar gran diversidad morfológica y genética presente, producto de esta larga historia de co-evolución entre humanos y cultivos (Brush, 2004; Zimmerer, 2010).

En el contexto actual de cambio global, donde el cambio climático es inminente y donde los escenarios futuros proyectados presentarán una mayor incertidumbre ambiental, se esperan efectos negativos sobre la producción agrícola a nivel mundial (Mercer y Perales, 2010), por lo que la diversidad genética representa un seguro contra eventos extremos. La variación genética que se encuentra en los centros de diversidad son resultado de transformaciones por la mano del hombre, el ambiente y los procesos evolutivos aleatorios (Brush, 2004). Y tal como ocurre con la selección natural, estos procesos bajo manejo humano necesitan de diversidad genética para generar más diversidad en la forma de variación morfológica, y diferenciación de respuestas frente a diferentes condiciones ambientales, entre otros. Mas aún, al estar la diversidad en los sistemas agrícolas estrechamente ligada a los cambio ambientales globales, es fundamental conocer el funcionamiento de las capacidades adaptativas y de mitigación de los manejadores de la diversidad frente a estos cambios, es decir, los agricultores, sobre todo en los centros de diversidad que son los que proveen de alimento a las poblaciones a nivel mundial actualmente, pero que en el futuro serán determinantes en su seguridad alimentaria (Zimmerer, 2011).

La presente revisión busca elaborar un documento especializado que sistematice la información existente sobre el marco conceptual de los centros de origen, de diversificación genética y de domesticación relacionada a su importancia como patrimonio genético de la humanidad, su relevancia en un escenario de cambio e incertidumbre frente al calentamiento global asociado a su valor para la seguridad alimentaria de las poblaciones rurales, su valor estratégico para mejorar las especies

cultivadas en cuanto a producción y resistencia a factores climáticos o plagas, y como un documento a tomar en cuenta como elementos orientadores en la capacitación y asistencia técnica en los tres niveles de Gobierno, así como para el ulterior diseño de un Programa Transversal Especial a nivel del Convenio sobre Diversidad Biológica.

2. ANTECEDENTES

Los centros de origen de una especie de cultivo son aquellas regiones donde se inició el proceso de domesticación de la especie y donde existen los parientes silvestres que originaron este cultivo. Si bien este concepto de centro de origen se desprende de Vavilov (1887–1943), agrónomo ruso que recorrió varias partes del mundo estudiando la diversidad de cultivos, éste se basó en las primeras aproximaciones que se remontan a la época de De Candolle (1806-1893), uno de los primeros estudiosos de los orígenes de las plantas cultivadas.

Sin embargo, después de Vavilov, se han ido descubriendo mediante investigaciones de tipo arqueológico, genético, botánico, antropológico, entre otros, nuevos centros de origen de plantas cultivadas, como es la región nororiental de Estados Unidos, donde el arqueólogo Bruce Smith identificó el origen del girasol y una variedad de calabaza, o la Amazonía que en su vasta extensión es potencial centro de origen de muchos cultivos de importancia mundial como la yuca, además del maní, dando nuevas luces acerca de sus centros de origen de domesticación.

En el caso de los “centros de diversificación” actuales, éstos pueden no ser precisamente el centro de origen de una especie o un grupo biológico particular. Un ejemplo clásico, en cuanto a especies silvestres, es el de los pinos con su centro de origen en el noroeste de China y su centro de diversificación en el territorio comprendido entre México, Guatemala y Honduras. Entre los países que son centros de origen y de diversificación genética de las especies cultivadas más importantes para la humanidad destacan: China (arroz), India (arroz), México (maíz), Perú (papa), entre los principales.

Sin embargo, una serie de presiones o ‘impulsadores’ (tanto directos como indirectos), principalmente el cambio climático y el cambio de uso de la tierra, amenazan seriamente a esta diversidad biológica (silvestre y cultivada), a la cultura milenaria que la sostiene y, con ello, la seguridad alimentaria familiar y mundial. Por ello, es necesario concretar acuerdos, tratados o normas internacionales específicos para establecer y priorizar medidas especiales para la conservación de estos centros de origen y diversidad genética.

En los diferentes instrumentos de gestión generados o que se encuentran en proceso de actualización o formulación, se mencionan comúnmente términos como “centro de origen”, “centro de diversidad”, “centro de domesticación”, entre otros, para referirse en donde se habría “originado” una especie, donde se encuentra la mayor diversidad y donde se habría domesticado, de ser el caso.

En ese contexto, se requiere precisar no solamente la terminología utilizada, sino también los fundamentos teóricos que guíen la implementación de los diferentes instrumentos de gestión en los tres niveles de gobierno, por ejemplo, la Estrategia Nacional de Diversidad Biológica (2001) en revisión y su Plan de Acción (en formulación).

En ese sentido, el servicio que se propone se enmarca dentro de la Estrategia Nacional de Diversidad Biológica y se encargará de la elaboración de un documento

especializado basado en información científica existente que va servir como instrumento de capacitación a los tres niveles de gobierno, para establecer medidas de conservación de los centros de origen, de diversidad genética y de domesticación, así como para el ulterior diseño de un Programa Transversal Especial a nivel del Convenio sobre Diversidad Biológica

3. OBJETIVOS

Objetivo General.-

- Identificar información acerca de los distintos tipos centros de origen: i) de la agricultura; ii) de la domesticación de especies particulares; iii) de origen y diversidad de parientes silvestres; y iv) diversidad biocultural, que clarifique los conceptos en las acciones de capacitación y asistencia técnica en los tres niveles de gobierno y la formulación o diseño de propuestas nacionales ante el Convenio sobre Diversidad Biológica.

Objetivos Específicos.-

- Reconocer la importancia de los centros de origen y de diversificación genética como patrimonio genético de la humanidad, su valor estratégico para mejorar las especies cultivadas y desarrollar nuevas variedades más productivas o resistentes al clima o a las plagas.
- Reconocer la relevancia en un escenario de cambio e incertidumbre frente al calentamiento global, y su valor para la seguridad alimentaria de las poblaciones rurales que las mantienen y de la población global.
- Identificar argumentos y evidencias para el desarrollo de políticas de conservación y de negociación a escala nacional e internacional.

4. ENFOQUE Y ALCANCE

El presente documento tiene un enfoque científico-analítico, que se basa en la recopilación y sistematización de información bibliográfica principalmente científica para realizar una revisión de los conceptos básicos referidos a centros de origen y diversificación de plantas cultivadas, así como de las aproximaciones realizadas en los estudios de estos conceptos en los últimos años, y de los retos por venir en estos temas en el futuro inmediato en base a lo visualizado en las decisiones de las COPs sobre Diversidad Biológica, de manera que sirva de referencia para generar una propuesta de documento técnico con argumentos científicos que sustenten un tratamiento especial a los centros de origen y diversificación de plantas cultivadas a nivel mundial

5. METODOLOGIA

El presente documento se obtuvo a partir de la búsqueda de información bibliográfica y sistematización de diversos estudios presentados en artículos científicos, libros, informes de trabajo de instituciones relacionadas con el trabajo con comunidades rurales para la conservación y manejo de la agrobiodiversidad, páginas web, documentos internacionales, etc. Se realizaron las búsquedas mediante el acceso a bases de datos como Science Direct y SCOPUS, principalmente, se accedió a las bases de datos del Centro Internacional de la Papa (CIP), Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Biblioteca Agraria Nacional (BAN) de la Universidad Nacional Agraria la Molina, entre otras.

6. RESULTADOS FINALES

Para iniciar una revisión sobre los conceptos sobre centros de origen y de diversificación genética de plantas cultivadas es necesario iniciar haciendo una revisión del concepto de domesticación. Hawkes (1983) comenta en el inicio de su capítulo sobre el “Estudio de la evolución y dispersión de las plantas cultivadas” que Edgar Anderson (1960) menciona que “el origen de una planta cultivada es un proceso, no un evento” refiriéndose a que la evolución de una planta no termina, si no por el contrario, se intensifica y diversifica, una vez que ha sido domesticado. De esta manera, se inicia esta sistematización con la revisión del concepto de domesticación.

6.1. Los procesos de domesticación.

La palabra cultivo según el diccionario tiene muchos significados. Un grupo de definiciones involucra la forma verbal de los conceptos cortar, segar, rozar, corte de ramas, y más (Harlan, 1975). Pero un concepto más adecuado sería el referido a que la manipulación del ambiente y la inducción y propagación deliberada de plantas en dicho ambiente pueden ser consideradas cultivo. (Casas et al., 1997)

En cuanto a las palabras domesticación y domesticar, estas derivan del latín *domus*, casa, vivienda, casa. Domesticar involucra llevar a casa. (Harlan, 1975). En un sentido más estricto, se trata de la manipulación de los genotipos y por lo tanto fenotipos, resultando en la domesticación de plantas (Casas et al., 1997a), obteniéndose así especies con atributos o características necesarias para satisfacer los requerimientos de los seres humanos. Pero generalmente se acepta que el término cultivo no necesariamente implica domesticación (Harlan, 1975), ya que la manipulación de genotipos no se consigue necesariamente con la manipulación del ambiente. Esto quiere decir que todo lo cultivado no necesariamente es domesticado, pero que las especies domesticadas si son cultivadas.

La domesticación es el resultado de un proceso de selección de caracteres de un recurso específico, realizado por el hombre a través de la selección artificial para permitir su adaptación a condiciones de cultivo o manejo humano (Darwin, 1859; Gepts, 2004). En este proceso el ser humano aumenta directamente la frecuencia de aquellos fenotipos deseables, promueve su crecimiento y cuidado, incluso llegando a remover fenotipos no deseables (Casas et al., 2007). Este proceso actúa en plantas bajo domesticación incipiente, semi-domesticadas y en plantas completamente domesticadas (Casas et al., 2007), causando cambios en las frecuencias de caracteres, tanto fenotípicos como genotípicos, de las poblaciones manejadas generando divergencias con respecto a sus ancestros silvestres. Este proceso evolutivo continuo ocasiona divergencias evidentes en caracteres fenotípicos de tipo morfológico, fisiológico, y fenológico entre poblaciones vegetales silvestres y cultivadas (Darwin, 1859; Zohary, 1984), lo que implica una pérdida gradual de adaptación al ambiente natural, por la disminución en su capacidad reproductiva y en la dispersión natural de la especie (Gepts, 2004), hasta los casos extremos de total dependencia de la especie al hombre para sobrevivir y reproducirse (Harlan, 1975).

Cuadro 1. Propuesta de estadios de domesticación según los niveles de intensidad de cambio que sufren las poblaciones de plantas objeto de manipulación humana y domesticación. Modificado ligeramente de Clement, 1999. Entre uno y otro estadio de domesticación pueden existir estadios intermedios. (Tomado de Bautista et al., 2012)

Estadio de domesticación	Cambios poblacionales
Silvestres	Población natural cuyos fenotipos y genotipos no han sido modificados por manipulación humana.
Evolución en sistemas bajo manejo humano intensivo	Especies que crecen en ambientes perturbados por el hombre con posibles cambios a nivel genético pero que no son producto de la selección artificial. (Ej. malezas). En casos extremos algunas especies solo crecen en estos ambientes.
Domesticación incipiente	Intervención humana al menos por promoción (propagación) o tolerancia en el sistema, pero con el fenotipo promedio del carácter seleccionado aun dentro del rango de variación encontrado en condiciones silvestres. La varianza de este promedio posiblemente es menor en poblaciones manejadas bajo este estadio y comienza a producirse reducción de diversidad genética.
Semi-domesticación	Se evidencian diferencias significativas con respecto a las poblaciones silvestres debido a la manipulación humana. El promedio y la varianza del fenotipo seleccionado se diferencian y aumentan, respectivamente, con respecto a las poblaciones silvestres. La varianza aumenta por que aparecen fenotipos por el manejo humano que no se encuentran en poblaciones silvestres, y que gradualmente desaparecerán por selección natural en éstas. También hay reducción de diversidad genética por efecto de cuello de botella. Aun así la planta posee adaptabilidad ecológica para reproducirse y sobrevivir sin depender de los cuidados humanos.
Domesticación	La planta depende completamente de los ambientes (campos de cultivo) y cuidados humanos para sobrevivir y reproducirse. La diversidad genética generalmente (no siempre) se reduce significativamente y se pierde la capacidad ecológica de adaptación.

La domesticación es proceso evolutivo y continuo (De Wet y Harlan, 1975), y por lo tanto es inevitable encontrar estadios intermedios en este proceso, en relación con diferentes grados de interacciones entre el hombre y plantas y animales (Harlan, 1975), y cuyo estadios no son necesariamente excluyentes mutuamente (Rindos, 1984). Uno de estos estadios intermedios es el de domesticación incipiente, que son procesos de selección artificial que se llevan a cabo en poblaciones bajo manejo *in situ* o el conocido manejo silvícola, teniendo como consecuencia cambios en las frecuencias de los fenotipos deseables (Casas *et al.*, 1997a) o provocando su diferenciación de las poblaciones silvestres, y una varianza mayor en el promedio de fenotipos que bajo domesticación se encuentran, debido a que se cuenta con los fenotipos silvestres y fenotipos nuevos no encontrados en condiciones silvestres (Clement, 1999). Estas poblaciones manejadas por el hombre en algún momento formaron parte de las poblaciones silvestres del lugar, por lo que podrían sobrevivir por si solas y sobrevivir en ambientes naturales sin problemas (Casas *et al.*, 1997a), pero con la consecuente desaparición de los fenotipos nuevos que pudieran haber surgido bajo domesticación (Clement, 1999) debido a que serian fenotipos que raramente

aparecen en condiciones silvestres y son eliminadas por la selección natural, y que solo se conservan en cultivo por los cuidados brindados por los humanos.

Frecuentemente se piensa que la domesticación culminaría en un punto en el que se fijan ciertos caracteres morfológicos y por consiguiente genéticos a través de la selección humana, determinando diferencias entre especies domesticadas y sus parientes silvestres (Pickersgill, 2007). Sin embargo este no es un proceso culminado, sino por el contrario, es un continuo basado en interacciones ecológicas y evolutivas que no es ni unidireccional y ni determinista (Harris, 1989).

Cuando se suele considerar a la domesticación un proceso “terminado”, esto es definido básicamente por las barreras reproductivas entre variantes domesticadas y silvestres. Sin embargo, existe información sobre la relativa frecuencia de intercambio de genes y producción de híbridos entre plantas con síndromes de domesticación muy definidos (domesticación avanzada) y sus parientes silvestres (Casas *et al.*, 1996; Ellstrand, 2003). Por lo tanto, estos procesos de flujo génico aunque sean limitados, revelan el dinamismo de los procesos evolutivos en la naturaleza de las especies domesticadas.

En este sentido, los procesos incipientes de domesticación deben ser considerados como procesos activos y dinámicos. Debido a que son procesos que se llevan a cabo mayormente mediante prácticas de manejo *in situ*, es decir, en las áreas originales de distribución de los recursos en cuestión, y van mayormente de la mano de grupos culturales tradicionales, implican una continua interacción entre el hombre con el recurso en cuestión, además de la continuidad de los procesos evolutivos bajo los que se encuentran las especies seleccionadas en condiciones silvestres.

6.1.1. Los procesos de domesticación incipiente.

Según lo mencionado, es común pensar en plantas domesticadas en estadios avanzados, es decir, de casi total o total dependencia del hombre para poder sobrevivir y reproducirse. A su vez son ampliamente conocidas las especies de plantas que fueron históricamente domesticadas por civilizaciones ancestrales, por lo que se piensa que la domesticación es cosa del pasado. Sin embargo es posible documentar en la actualidad procesos vigentes y en estadios iniciales o intermedios de domesticación de recursos genéticos, especialmente en regiones del mundo consideradas centros de gran diversidad biológica y cultural que a su vez pueden coincidir con los centros de origen de plantas cultivadas o centros de diversidad genética de las mismas, y por lo cual se incluye en esta revisión.

Si bien en las poblaciones silvestres operan predominantemente los procesos de selección natural, en aquellas poblaciones bajo intensidades de manejo humano intermedio y alto operan tanto la selección artificial como natural (Avendaño *et al.*, 2009). En este sentido, la evidencia más clara de que la domesticación incipiente es un proceso activo esta en el continuo cruzamiento entre poblaciones domesticadas parcialmente y sus parientes silvestres, lo cual propicia la persistencia de los procesos evolutivos naturales sobre la especie. Esto se puede observar en especies de plantas cuyo cultivo presenta un alto nivel de influencia de las poblaciones silvestres (Nabhan, 1987), y puede ser cuantificado con el principal parámetro e indicador es el flujo génico, que suele ser muy alto en estos casos entre poblaciones silvestres y bajo domesticación incipiente (Otero-Arnaiz *et al.*, 2005; Casas *et al.*, 2006; Parra *et al.*, 2008). Este flujo génico sería atribuible a las prácticas de manejo particulares a las que están sometidas estas especies, relacionado sobre todo con el recambio y trasplante de individuos o material de propagación (Nabhan, 1987; Casas *et al.*, 1997b; Parra *et al.*, 2008; Luna-Morales y Aguirre, 2001) proveniente de poblaciones silvestres. Además, existen otros factores que influyen los altos valores de flujo génico, como son la gran capacidad de cruzamiento de las especies domesticadas con las silvestres, por compartir polinizadores altamente eficientes (Arias-Coyotl *et al.*,

2006), y también sería producto del establecimiento de nuevos individuos vía semillas como consecuencia del cruzamiento entre domesticados y silvestres.

Un ejemplo de este continuo flujo génico y manejo humano es el observado en el caso del ensete, *Ensete ventricosum*. Shigeta (1996) documentó el manejo de esta especie en Etiopía por pobladores Ari, quienes lo cultivan y también lo manejan en condiciones silvestres. Bajo cultivo habría evidencia circunstancial del flujo génico entre ambas poblaciones, habiéndose registrado la tolerancia y promoción de individuos producto de semillas traídas de ambientes silvestres. Los Ari poseen un sistema de clasificación que diferencia entre variedades cultivadas y silvestres, y es interesante como durante el desarrollo de la nueva planta, los pobladores van designando un nombre a la nueva plántula según su parecido con una variedad ya existente, o lo bautizan con uno nuevo si se produce una variedad diferente. Esto revela el dinamismo en el proceso de selección artificial plasmado en un sistema de clasificación tradicional también cambiante.

Otro ejemplo es la aparición de híbridos espontáneos exclusivos de huertas, que mediante selección artificial son tolerados y posteriormente propagados para cultivo. Esto ha sido documentado en cactáceas columnares (Casas *et al.*, 1999; Luna *et al.*, 2001) y otras especies perennes (Hughes *et al.*, 2007) que están bajo domesticación incipiente, y constituye la prueba de un proceso en acción que fue clave en el origen de muchos cultivos a nivel mundial (Hughes *et al.*, 2007). Si los híbridos desarrollan fenotipos interesantes para el hombre, este los mantiene en su huerta, o los elimina si no le provee algún beneficio (Casas *et al.*, 1999), de manera que pueden sobrevivir gracias a los cuidados del hombre bajo cultivo, pero probablemente no lo lograrían en condiciones silvestres y sería eliminada por selección natural, por lo cual no es común observarlos bajo esas condiciones.

Las especies bajo domesticación incipiente suelen ser muy susceptibles a fluctuaciones producidas por los cambiantes requerimientos o necesidades de sus manejadores, lo que conlleva, al igual que en los procesos de selección natural, a adaptaciones continuas a dichos cambios fruto de la selección artificial. Como menciona Casas *et al.* (1996) esto ocurre generación tras generación, siendo posible documentarlo mediante el uso de herramientas etnobotánicas, de manera que es posible registrar en la actualidad aquellas actividades humanas dirigidas a la selección de fenotipos importantes (Casas *et al.*, 1997b; González-Soberanis y Casas, 2004; Blancas, 2007), los móviles de dicha selección (culturales, económicos, etc.), así como reconstruir la historia de uso de dichas especies, de manera que se pueda identificar como han cambiado las motivaciones para la selección de ciertos atributos con el paso del tiempo.

La información que brindan los registros arqueológicos e históricos, contribuye a completar los escenarios sobre la historia de manejo de recursos que se encuentran en fases incipientes de domesticación y respaldar su concepción como proceso dinámico. Un caso interesante que ilustra esto es el del pochote, *Ceiba aesculifolia* subsp. *parvifolia*, una especie colectada en el Valle de Tehuacán, (Puebla, México) que se haya bajo domesticación incipiente. Los registros arqueológicos demuestran que esta especie tuvo un uso muy difundido y especializado en la región por aproximadamente 8500 años, encontrándose grandes cantidades de restos de pochote, muchas veces superior a las cantidades de frijoles (Callen, 1967; MacNeish, 1967). Sin embargo con el tiempo su uso habría sido desplazado por especies cultivadas cuando estas comenzaron a abundar. A pesar de esto, la especie sigue siendo manejada en la actualidad y se considera bajo domesticación incipiente como se mencionó, producto de prácticas intensivas de tolerancia y protección en huertos familiares que han provocado diferencias significativas en los fenotipos de esta especie encontrados en poblaciones silvestres con respecto a las manejadas (Avendaño *et al.*, 2009).

Otro ejemplo se puede observar en el caso de algunos cultivos que fueron parcialmente domesticados y luego abandonados, con lo cual se produce su retorno al

estado silvestre (Harlan, 1975). En México se registró el caso del cultivo de la “cola de zorra” un cereal del género *Setaria*. Según evidencias arqueológicas, esta especie fue domesticada, lo cual se basa en los restos cronológicos encontrados donde se observaba el incremento del tamaño de sus semillas. Sin embargo en algún momento su cultivo fue abandonado para ser reemplazado por el de maíz, volviendo a su estado inicial natural.

6.2 Los parientes silvestres de plantas domesticadas

Es fundamental presentar el concepto de parientes silvestres, lo cual es un elemento importante, aunque no siempre determinante, para proponer el origen geográfico de diferentes cultivos.

Los **parientes silvestres de plantas domesticadas** son aquellas especies que tienen algún tipo de relación genética con la especie domesticada, incluyendo a los ancestros directos, y suelen tener altos niveles de diversidad genética que son producto de procesos evolutivos naturales de miles a millones de años de acumulación, es decir, a escalas mucho más amplias que las que han vivido las especies domesticadas, que no sobrepasan los 10,000 años de antigüedad, y cuya historia natural no ha sido influenciada por el manejo del hombre (Hoyt, 1988; Casas y Parra, 2007; Heywood et al., 2007).

La definición de pariente silvestre se basa en el grado de relación o parentesco con el cultivo. Existe la definición propuesta en base al nivel de parentesco genético de Harlan y de Wet (1971), que describe parientes correspondientes al acervo genético de nivel 1 (GP1 de sus siglas en inglés) que hace referencia a los parientes más cercanos y que pueden cruzarse con el cultivo, hasta el acervo genético 3 (GP3), que son aquellos parientes que difícilmente pueden cruzarse con el cultivo. Esta propuesta aplica cuando se cuenta con datos genéticos. Por otro lado, también existe una propuesta basada en el grado de relación taxonómica, planteado por Maxted et al. (2006), que identifican el pariente silvestre mediante la determinación taxonómica, que va desde el Grupo Taxonómico 1a, que se refiere al cultivo propiamente dicho, y 1b, la misma especie que el cultivo, hasta el Grupo taxonómico 5, que se refiere a un género diferente al de la especie cultivada, es decir, mucho menos emparentadas y con mayor dificultad de conseguir cruzamiento y descendencia viable. (Ver Cuadro 2)

Cuadro 2. Concepto de pariente silvestre basado en el grupo taxonómico (Maxted et al.,2006)

Pariente silvestre	
Grupo Taxonómico 1a	cultivo
Grupo Taxonómico 1b	la misma especie que el cultivo
Grupo Taxonómico 2	la misma serie o sección que el cultivo
Grupo Taxonómico 3	el mismo subgénero que el cultivo
Grupo Taxonómico 4	el mismo género
No Pariente silvestre	
Grupo Taxonómico 5	la misma tribu pero diferente género que el cultivo

Los parientes silvestres representan una amplia diversidad de plantas, y se encuentran como árboles en bosques, arbustos, enredaderas, son perennes, bianuales o anuales. Pueden tener una amplia distribución o por el contrario pueden ser de distribución restringida e incluso estar en peligro de extinción (Hunter y Heywood, 2011). En algunos casos, los parientes silvestres pueden presentarse en forma de malezas (Hunter y Heywood), siendo en efecto ampliamente discutido en los estudios sobre el origen y evolución de plantas cultivadas si una variedad de maleza asociada al cultivo es el ancestro del cultivo o si es necesario buscar mas allá de dichas especies para encontrar al progenitor o pariente silvestre (Pickersgill, 1971).

Desde los trabajos de Vavilov (1926, 1951) y el de de Wet y Harlan (1975) se planteaban que las malezas pueden ser parte de los ancestros de plantas cultivadas. Por ejemplo se identificó como la avena (*Avena sativa*) fue encontrada como maleza asociada y mezclada con el trigo de aristas o farro (*Triticum dicoccum*) en la antigua Persia, donde era raro el cultivo de avena, así como en Afganistán, Bokhara, India y Turkmenistán. Pero que en los alrededores del Volga, en Crimea por ejemplo, se le encontraba mezclada con el farro, llegando a desplazarlo por poseer una capacidad de propagación más veloz. Estas malezas no son propiamente silvestres al estar asociadas a espacios sujetos a perturbaciones antropogénicas, y la detección de los límites ecológicos entre estas e incluso con las plantas domesticadas (de Wet y Harlan, 1975) es muy sutil. Harlan (1975) resalta la importancia de las malezas debido ha haber tenido una historia paralela a la de la evolución de los cultivos, aplicándose los mismos principios para ambos, llegando a conformar complejos maleza-cultivo como se describió en el caso de la avena. Muchas veces, ambos provienen del mismo ancestro y también puede ocurrir que dentro de estos complejos la maleza se derive de la hibridación entre cultivo y pariente silvestre (Pickersgill, 1971), o que la maleza se desarrolle porque el cultivo propicio su crecimiento.

6.2.1 La importancia de los parientes silvestres.

Los parientes silvestres constituyen importantes acervos genéticos con potencial para mejorar la productividad agrícola de los cultivos, pero sobre todo para mantener y conservar su variabilidad intraespecífica y generar así la sostenibilidad de los agroecosistemas en el tiempo (Torres y Parra, 2005; Casas y Parra, 2007; Heywood et al., 2007). Estas especies han sido reconocidos como parte de los recursos genéticos cultivados que no pueden ser mantenidos *ex situ*, debido a que la replicabilidad de los procesos naturales de introgresión, hibridación y en general de flujo génico entre estos y las plantas domesticadas así como los procesos evolutivos cómo la adaptación y selección natural, es baja o nula en condiciones diferentes a las de su natural distribución (Altieri y Merrick, 1987). Debido a esto existe un creciente interés del campo de estudio y uso de los recursos genéticos en conservar los parientes silvestres tanto para preservar la fuente actual de variación para el

mejoramiento genético, como para permitir la continuidad de los procesos evolutivos y de generación de mas diversidad potencialmente útil en esfuerzos futuros de mejoramiento (Hunter y Heywood, 2011).

Es desde los años 90's que se vuelve la atención sobre los parientes silvestres, ampliando el panorama de la conservación *in situ*, incorporando con mayor fuerza al llamado "espacio mayor" o "entorno natural" donde se hallan las comunidades vegetales naturales que rodean a los campos de cultivo y dentro de estas a los parientes silvestres, planteándose así una nueva perspectiva sobre lo que es la dinámica de los agroecosistemas, que integra al campo de cultivo y lo silvestre como un solo paisaje, diferente a como hasta ese momento se había abordado por la agronomía clásica, que los consideraba espacios separados. (Torres y Parra, 2005).

En este contexto surge la necesidad de promover su conservación *in situ* junto con la variabilidad intraespecífica de las plantas domesticadas, lo que se vuelve urgente debido a la pérdida acelerada de la biodiversidad en el último siglo. Esto ha sido producto de la destrucción de hábitats naturales, fragmentación y de la transformación de los sistemas agrícolas a sistemas industrializados homogenizantes y de alta productividad que presionan para incrementar la expansión de la frontera agrícola que se supone busca satisfacer las necesidades cada vez mayores de una población mundial en continuo crecimiento, poniendo en riesgo a muchas especies de parientes silvestres de cultivos (Heywood et al., 2007), a lo que se le suma el acelerado cambio global al que están siendo sometidos los ecosistemas (Hunter y Heywood, 2011) lo cual potenciará los procesos de degradación de hábitats por una mayor presión de las actividades humanas pero también por la transformación directa de los procesos inherentes de estos ecosistemas. En consecuencia, es prioritario conservar estos acervos de variabilidad genética silvestre como parte fundamental en los procesos de adaptación de los cultivos a los escenarios de cambio climático (Zimmerer, 2010), al ser el potencial de generación de nuevas variedades resistentes a sequías, altas temperaturas, enfermedades y otros factores (Hunter y Heywood, 2011)

Maxted et al. (2012) presenta una lista de 30 especies de cultivos de mayor importancia a nivel mundial (Cuadro 3) para los cuales se ha identificado sus parientes silvestres de primer y segundo grado, indicando que son la cebada (*Hordeum vulgare* L.), yuca, (*Manihot esculenta* Crantz), papa (*Solanum tuberosum* L.), arroz (*Oryza sativa* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.), y trigo aquellos cultivos en los que más se ha usado caracteres de parientes silvestres.

Cuadro 3. Número de especies de parientes silvestres de primer y segundo grado de los cultivos alimenticios más importantes (Maxted et al., 2012)

Crop	Crop taxon	Species in genus	Primary CWR species	Secondary CWR species	Percent priority species in genus
Groundnut	<i>Arachis hypogaea</i> L.	69	1	24	36.23
Cabbage	<i>Brassica oleracea</i> L.	40	1	3	10.00
Coconut	<i>Cocos nucifera</i> L.	1	1	0	100.00
Yams	<i>Dioscorea</i> spp.	630	20	? ^t	–
Indian millet	<i>Echinochloa frumentacea</i> Link	45	1	0	2.22
Oil palm	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	2	1	0	50.00
Finger millet	<i>Eleusine coracana</i> (L.) Gaertn.	9	3	3	66.67
Soybean	<i>Glycine max</i> (L.) Merr.	19	1	0	5.26
Cotton seed	<i>Gossypium hirsutum</i> L.	49	6	22	57.14
Sunflower seed	<i>Helianthus annuus</i> L.	51	1	10	21.57
Barley	<i>Hordeum vulgare</i> L.	32	1	1	6.25
Sweet potato	<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.	650	3	11	2.15
Lablab	<i>Lablab purpureus</i> (L.) Sweet	1	1	0	100.00
Cassava	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	99	3	13	16.16
Banana and plantain	<i>Musa acuminata</i> Colla	37	10	15	67.57
Olive	<i>Olea europaea</i> L.	33	5	0	15.15
Rice	<i>Oryza sativa</i> L.	24	8	9	70.83
Broom millet	<i>Panicum miliaceum</i> L.	300	1	32	11.00
Pearl millet	<i>Pennisetum glaucum</i> (L.) R.Br.	80	1	2	3.75
Common bean	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	60	1	3	6.67
Garden pea	<i>Pisum sativum</i> L.	2	1	2	150.00
Sugar cane	<i>Saccharum officinarum</i> L.	40	3	7	25.00
Rye	<i>Secale cereale</i> L.	3	1	0	33.33
Foxtail millet	<i>Setaria italica</i> (L.) P. Beauv.	130	1	3	3.08
Potato	<i>Solanum tuberosum</i> L.	1250	6	24	2.40
Sorghum	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench	30	2	2	13.33
Cocoa	<i>Theobroma cacao</i> L.	20	1	0	5.00
Wheat	<i>Triticum aestivum</i> L.	6+22	6	12	64.29
Cowpea	<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.	104	1	3	3.85
Maize	<i>Zea mays</i> L.	4	1	3	100.00
	Totals	3814	93	204	
	Average per genus		2.44	5.35	36.17

6.3. Los centros de diversidad de parientes silvestres.

Se refiere al área donde se establecen extensiones amplias y de altos niveles de diversidad genética de poblaciones silvestres de la especie o el género ancestral o pariente silvestre de un cultivo domesticado. No necesariamente están asociados a escenarios socio-ecológicos como campos de cultivo o huertas, por lo que no son necesariamente un centro de domesticación.

La iniciativa Crop Wild Relatives and Climate Change (2013) muestra parte de la información más actualizada sobre la distribución de la riqueza de las diferentes especies de los parientes silvestres a nivel mundial. Esta iniciativa es parte del proyecto titulado "Adaptando la agricultura al cambio climático: colectando, protegiendo y preparando los parientes silvestres de cultivos" promovido por el Global Crop Diversity Trust y el Millenium Seed Bank, del Royal Botanic Gardens Kew, UK, y respaldado por el gobierno de Noruega, contando además con la participación del Centro de Investigación de Agricultura Tropical (CIAT) y la Universidad de Birmingham. El objetivo de este proyecto es que en un contexto de cambio climático inminente, adaptar la agricultura es el reto más inmediato para garantizar la seguridad alimentaria en los escenarios futuros de nuevos climas, donde las plagas enfermedades se verán probablemente incrementadas. Para ello buscan identificar y realizar colecciones de parientes silvestres de 81 cultivos principales para llevar a bancos de germoplasma ex situ de manera que se pueda contar con material para el mejoramiento genético y creación de nuevas variedades resistentes a nuevos climas.

Esta iniciativa resulta en una pagina web que sirve como referencia a aquellos investigadores que estén interesados en coleccionar, conservar y usar estos recursos silvestres que en la actualidad también se encuentran altamente amenazadas, y en un contexto de adaptación de la agricultura al cambio climático. Como resultado de la información sobre estas especies a nivel mundial obtuvieron el Mapa mostrado en la Figura 4 donde se observa la distribución de estos parientes silvestres, observándose donde la mayor concentración se encuentra en el Creciente Fértil o Cercano Oriente, y el Mediterráneo, centros de gran riqueza de especies a nivel mundial, y donde América, tanto Mesoamérica como la región Andina en Sudamérica, también presentan niveles significativamente importantes de riqueza de especies, coincidiendo en general con los centros de origen de plantas cultivadas de Vavilov (Crop Wild Relatives and Climate Change, 2013)

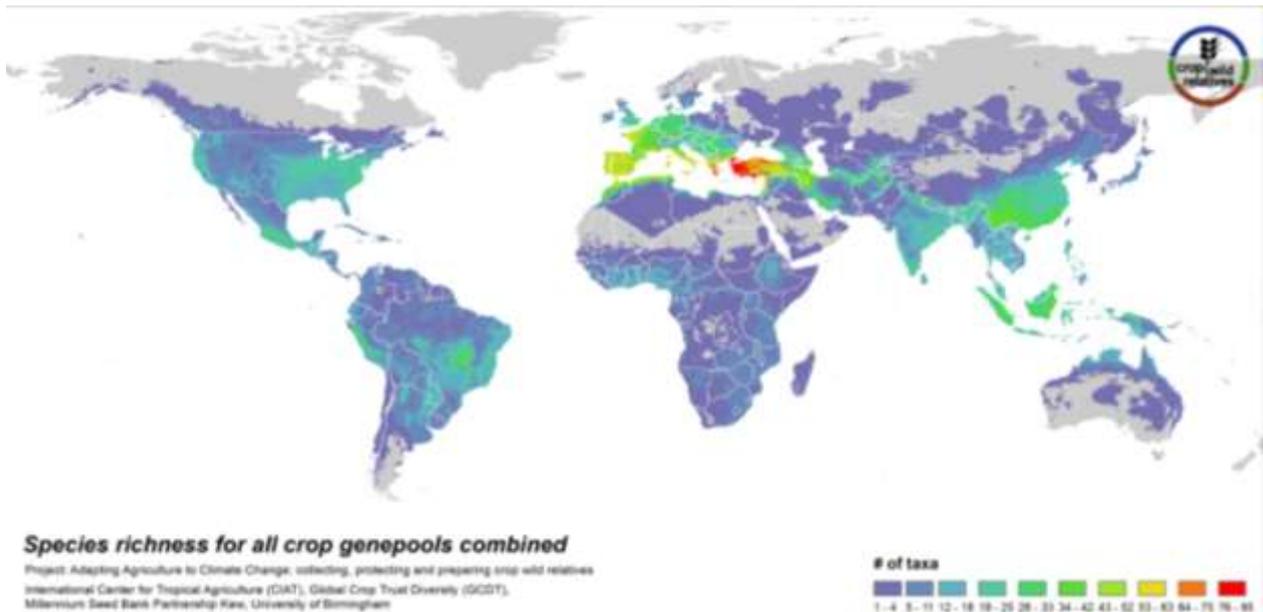


Figura 4. Riqueza de especies de parientes silvestres de cultivos para todos los acervos genéticos combinados.

Si bien esta iniciativa contribuye a identificar a escalas continentales y mundiales la riqueza de especies silvestres que son parientes de plantas cultivadas, para la definición de un centro de diversidad de parientes silvestres es necesario hacer estudios a nivel de especie, es decir, a nivel poblacional y en su distribución espacial para identificar aquellas regiones geográficas donde se concentran los mayores niveles de diversidad genética.

6.4 La definición de los centros de origen de plantas cultivadas o de domesticación

Las definiciones acerca de lo que significa un Centro de Domesticación, un centro de origen, centro de diversidad o un centro de diversificación de plantas cultivadas conllevan continuamente a amplias discusiones conceptuales.

6.4.1 Los Centros de Domesticación de plantas cultivadas

Por **Centro de Domesticación** se refiere al área biocultural en la que existe evidencia del proceso de domesticación de una especie o taxón (CONABIO, 2011). Dicha área puede formar o no parte del área de distribución de las poblaciones silvestres y cercanas del cual proviene el acervo genético que da origen a la planta domesticada (parientes silvestres). Es necesario aclarar que el concepto de **centro de domesticación** se suele prestar a confusión con el concepto de **centro de Origen**, siendo este último el área geográfica donde habría ocurrido el proceso de especiación de las poblaciones silvestres y los parientes cercanos de la especie o taxón domesticado. Puede precisarse como **centros de origen de plantas cultivadas**.

De Candolle (1982) fue el primero en dedicarse al estudio de la identificación del área geográfica donde se habría originado las plantas cultivadas. El planteaba que para su determinación la metodología se debe basarse en la integración de varias informaciones, como son principalmente la distribución de parientes silvestres, información arqueológica y paleontológica, histórica, lingüística, entre otros. En dicho trabajo, De Candolle define como criterios principales para determinar el origen geográfico que: a) exista la planta silvestre en la zona hipotética del origen, b) qué se

encuentren restos arqueológicos o paleontológicos de la especie y, c) qué la historia y la lengua confirmen los resultados obtenidos por los procedimientos anteriores.

6.4.2 Los Centros de domesticación y parientes silvestres

Si bien De Candolle (1882) consideraba que detectar la presencia de los parientes silvestres era fundamental para identificar un centro de origen de plantas cultivadas, Vavilov (1926,1951) discute que no siempre es posible identificar a los ancestros directos de todos los cultivos, ya que muchos de estas especies solo se conocen en su estado domesticado, y porque considera que estos ancestros determinados así por De Candolle eran según Vavilov grupos reducidos de formas con poca variación, aislados y que no podían explicar la amplia variación que se encontraba en la especie cultivada (Vavilov, 1926, 1951). Zohary (1970) respalda esta afirmación de Vavilov al precisar que un área de máxima diversidad de parientes silvestres puede no coincidir con la magnitud de la diversidad de variedades en dicha región.

La sola presencia de poblaciones de parientes silvestres no significa la confirmación de un área geográfica como un sitio de origen de plantas cultivadas, más aun si dichas poblaciones son abundantes. Es posible que la alta densidad de una especie útil y el fácil acceso al recurso implique sólo el manejo mediante recolección y no su domesticación necesariamente. Esto lo documentó González-Insuasti *et al.* (2007) en Tecomavaca, Oaxaca, México, con *Stenoreceus pruinosus*, una cactácea, de las tres especies más importantes localmente (de veinte estudiadas), que se encuentra en altas densidades (352 ind/ha) en condiciones naturales, por lo que la actividad principal es la recolección selectiva de fruta, y su cultivo es sólo ocasional. De igual manera se documentó en el Istmo de Tehuantepec, donde las poblaciones silvestres de esta especie están ampliamente distribuidas y el cultivo es sólo ocasional en los pueblos de la región (Parra, 2012), mientras que en el Valle de Tehuacan, Puebla, la presencia de esta cactácea en huertas familiares es mucho mas común, existiendo evidencias claras de que la especie se encuentre bajo procesos de domesticación (Parra et al., 2010; 2012) fuera de los sitios donde se distribuye la especie silvestre.

6.4.3. Los Centros de Origen de Nikolai Vavilov

Vavilov (1926, 1951) definió los centros de origen de plantas cultivadas como regiones de máxima variación, que usualmente incluye características y formas endémicas, proponiendo que puede considerarse el centro de formación de tipos. Este autor también describe que en estos sitios, con frecuencia se pueden hallar caracteres genéticos dominantes en el interior de sus distribución, diferenciándose de las de la periferia, que pertenecen generalmente a formas recesivas, por estar bajo aislamiento (caso de islas y montañas). De esta definición se entiende que los centros de origen de plantas cultivadas se refiere a los centros de mayor diversidad de variedades específicas, donde Vavilov hace la distinción entre centros primarios y secundarios de diversidad, donde los primarios se refiere a las áreas de aparición inicial de los cultivos, y los centros secundarios a aquellos que también poseen una alta diversidad intraespecífica, pero que se encuentran distantes de los centros primarios donde se originó su domesticación, y que serían resultado de la rápida y simultanea dispersión de algunos cultivos a otras regiones, como es el caso de cáñamo, el centeno y otras especies (Harris, 1990).

Esta propuesta es producto de los resultados de trabajo de campo a nivel mundial, además de revisión de literatura de conceptos taxonómicos, ecofisiológicos, y fitogeográficos. Sin embargo el mismo Vavilov menciona que sobre las plantas cultivadas pertenecientes al grupo “primario”, es complicado definir su origen debido a

la reconstrucción histórica que necesita, mientras que el “secundario” puede reconstruirse sin mucha dificultad, ya que “la dinámica de la introducción en cultivo puede ser estudiada detalladamente para las distintas plantas que lo componen” (Vavilov, 1951: 91)

Con la metodología mencionada Vavilov (1926) propone en su ensayo sobre el Origen de las Plantas Cultivadas, ocho centros o centros primarios y subcentros o centros secundarios de origen de la agricultura (Figura 1), luego de análisis de los patrones de variación, donde los centros coincidían con las regiones de mayor diversidad genética de cierta especie. Estos centros eran: (1) China, (2) India (incluyendo la región Indomalaya), (3) Sureste Asiático, (4) Asia menor, (5) Mediterráneo, (6) Etiopía, (7) Centroamérica y sur de México y (8) Andes, Paraguay, Brasil. A continuación se detalla cada centro propuesto.

- I. El Centro Chino: allí se reconocen cerca de 140 especies diferentes, y entre las más antiguas se encuentran cereales y legumbres
- II. El Centro Indio: incluye todo el continente, e incluye el arroz, el mijo, las legumbres, con un total de cerca de 120 especies
 - a. El Centro Indo-Malayo: incluyendo Indonesia, Filipinas, etc, donde se distribuyen cultivos como raíces principalmente (*Dioscorea* spp., *Tacca*, etc.) y también frutales, la caña de azúcar, especias, etc. Con alrededor de 55 especies.
- III. Sureste Asiático o el centro Asiático interior o (Tadjikistan, Uzbekistan, etc.), donde se hallan trigos, centenos, y muchas legumbres herbáceas, así como raíces sembradas de semillas, y frutales, alrededor de 40 especies.
- IV. Asia Menor (incluyendo Transcaucasia, Iran y Turkmenistan), con más trigo, centeno, avena, semillas y legumbres forrajeras, frutales, etc. Más de 80 especies
- V. El Centro Mediterráneo, incluye trigo, cebada, plantas forrajeras, vegetales y frutales, especialmente especias y plantas de aceites esenciales, más de 80 especies
- VI. El Centro Etiopía (antes Abisinia), refugio de cultivos de otras regiones, especialmente trigos, cebadas, granos locales, especias, con cerca de 40 especies.
- VII. Centroamérica y el Sur de México, importante por el maíz, diferentes, diferentes especies de *Phaseolus* y *cucurbitacea*, así como especias, frutales y fibras, cerca de 50 especies.
- VIII. Andes, Paraguay, Brasil o región Andina Sudamericana (Bolivia, Peru, Ecuador), importante por ser centro de origen de las papas, otras tuberosas, raíces, granos andinos, vegetales, especias, frutales y drogas (cocaína, quinina, tabaco, etc.), cerca de 45 especies.
 - VIIIa. El subcentro chileno, sólo cuatro especies, fuera del área principal de domesticación, uno de ellos es *Solanum tuberosum*, derivado del Centro Andino.
 - VIIIb. Centro Brasileiro- Paraguayo, con 13 especies, con el *Manihot* (yuca) y *Arachis* (mani) entre las más importantes y la piña, *Hevea* o caucho y *Theobroma cacao* como especies que habrían sido domesticadas mas recientemente.



Figura 1. Los 8 centros de origen de acuerdo con N. Vavilov

6.4.4. Los centros y no centros de origen de plantas cultivadas de Jack Harlan

Harlan (1971, 1975) plantea que los patrones geográficos identificados por Vavilov son más complejos y difusos, cuestionando que el concepto de “centros” fuese un fenómeno universal y proponiendo que es necesario diferenciar los centros de los no-centros de origen de la agricultura y plantas cultivadas. Harlan explica que los centros son regiones definidas en las que se domesticaron plantas, y a partir de las cuales éstas se difundieron a otras regiones, y en los centros se presentan los parientes silvestres de las especies domesticadas y las evidencias arqueológicas que muestran la antigüedad de la agricultura en la región. Por otro lado, los no-centros serían zonas geográficamente más amplias en las que se domesticaron especies de manera difusa y donde los parientes silvestres se encuentran ampliamente distribuidos por lo que la domesticación pudo suceder en cualquier zona del escenario geográfico denominado no-centro. De esta propuesta Harlan identifica: A1, Centro Cercano Oriente; A2, No centro Africa; B1 Centro Norte de China; B2, el no-centro Sureste Asiático y Pacífico Sur; Centro Mesamericano y C2, No centro Sudamericano (Figura 2)

Harlan (1971) plantea en su concepción de centros y no centros, que es necesario considerar no sólo realizar análisis de botánicos de especímenes vivos, ya sean estudios de genética, citogenética, taxonomía numérica, morfología, ecología, geografía, tanto de los cultivos como de sus parientes silvestres, metodología que usara Vavilov (1926, 1992), sino también es necesario considerar evidencias que ya habían sido presentadas como fundamentales en el estudio y determinación de centros de origen de cultivos por De Candolle (1982), tales como los estudios de tipo arqueológicos, obtenidas por estudios de arqueobotánica, palinología, o seguimiento

del carbono14, además de realizar estudios etnográficos tanto actuales, de evidencias lingüísticas, tradiciones orales, practicas de manejo de recursos, religiosas, etc) como de reconstrucción del pasado (historia, arte, restos arqueológicos). A esto, sugiere Harlan, habría que sumarle el realizar estudios geológicos, hidrológicos, restos animales, etc., que puede respaldar estudios de cambios en el clima, flora y fauna, que dieran indicios sobre los orígenes de la agricultura.



Figura 2. Centros y no centros de origen de la Agricultura de Harlan (1971)

6.4.5 El debate de los conceptos de Centro de origen y centros de diversidad de plantas cultivadas.

Si bien Vavilov tuvo una gran influencia en los estudios de los orígenes de la agricultura, posteriormente se continuó con la discusión de los conceptos por el planteados. Zohary (1970) discute que un centro de alta diversidad como lo planteaba Vavilov (1926, 1951, 1992) no es necesariamente un centro de origen de plantas cultivadas. Al respecto, plantea que hablar de un “centro de origen” se refiere a una interpretación, que correspondería al lugar donde se originó la domesticación (centros “primarios” de Vavilov), mientras que un “centro de diversidad” es un hecho comprobable (centros “secundarios” de Vavilov), que se refiere a lo que sucedió luego de la domesticación de una especie.

Asimismo, Zohary considera importante retomar los postulados de De Candolle (1882) de identificar los parientes silvestres de los cultivos y su distribución para poder inferir la ubicación de un centro de origen, pero indicando que esta información debe respaldarse también en resultados de estudios arqueológicos. Mas aún el autor propone identificar sitios donde coexisten cultivos con sus ancestros silvestres para analizar la probable existencia de procesos de hibridación, por considerarlos fundamentales o la regla en plantas cultivadas. Esto revela la complejidad en la identificación de un “lugar de origen”, pudiendo ser mas apropiado utilizar el término “origen difuso” planteado por Harlan (1956, 1961), por incluir procesos de hibridación que habrían originado cultivos con superestructura genéticas con un acervo genético

resultante de la fusión de genomas de múltiples fuentes, en este caso, de múltiples ancestros.

Hawkes (1983) contribuye a aclarar el concepto de centros primarios y secundarios de origen de Vavilov. Hawkes precisa que los centros primarios serían los “centros nucleares del origen de la agricultura” y a los secundarios como “regiones de diversidad”, siendo estos últimos los que se habrían desarrollado luego de que se dispersara la agricultura fuera de los sitios núcleo. Hawkes (1983) define en base a la propuesta de Vavilov, Harlan y otros autores a los centros nucleares como los lugares donde la agricultura inicio o los **centros de origen de la agricultura** o donde se piensa que habría comenzado, y propone a: a) norte de China (región de los loess al norte del Río Amarillo); b) El Cercano Oriente (Creciente Fértil); c) Sur de México (de Tehuacan al Sur) y d) Centro y Sur de Perú (los Andes, la región oriental de los Andes y la costa). Sin embargo, este autor también recalca la importancia de obtener más datos a partir de estudios arqueológicos para poder esclarecer con precisión cuales serían las áreas donde estarían los centros nucleares. Y por otro lado, las regiones de diversidad, denominadas así por tratarse de zonas de distribución amplia, son donde las plantas domesticadas se dispersaron a partir de los centros nucleares, y donde fueron apareciendo nuevas variantes producto de la selección artificial. Finalmente, Hawkes (1983) también define a los centros menores, que serían aquellos donde se habrían domesticado uno o pocos cultivos pero más recientemente, y probablemente como producto del conocimiento ganado por la difusión cultural de otras regiones cercanas. (ver Cuadro 4).

Cuadro 4. Centros nucleares y regiones de diversidad de plantas domesticadas (Tomado de Hawkes, 1983)

Centros nucleares	Regiones de Diversidad	Centros menores separados
A. Norte de China	I. China II. India III. Sureste Asiático	1. Japón 2. Nueva Guinea 3. Islas Solomon, Fiji, y Pacífico Sur
B. El Cercano Oriente	IV. Asia Central V. El Cercano Oriente VI. El Mediterráneo VII. Etiopía VIII. África occidental	4. Noroccidente de Europa
C. Sur de México	IX. Mesoamérica	5. Estados Unidos, Canadá 6. El Caribe
D. Centro y Sur de Perú	X. Andes del norte (Venezuela y Bolivia)	7. Sur de Chile 8. Brasil

La identificación de estos centros de origen de plantas cultivadas o centros de domesticación no es un proceso concluido en tanto que nuevas evidencias siguen apareciendo, y se amplían los estudios sobre la domesticación de diferentes especies en el mundo. Por el contrario, en base a la descripción de las evidencias que plantea Harlan (1971) como fundamentales para reconocer estos sitios, es que se ha ido ampliando con los años la identificación de centros de domesticación. Harlan (1970) también indica que las evidencias para la identificación de los centros de origen de los cultivos se obtienen de una diversidad de disciplinas pero con una de ellas como la más importante y que genera evidencia más directa y probablemente más definitiva, que es la arqueología.

En fechas más recientes y hacia el año 2001, Gepts (2001) reconocía la existencia de por lo menos 6 centros de origen de plantas cultivadas que son: Mesoamérica, los Andes en Sudamérica (incluyendo los piedemonte), el suroeste asiático (el Creciente Fértil), África (Etiopía y el Sahel), sur de China y el Sudeste Asiático (Hawkes 1983; Harlan 1975; Smartt y Simmonds 1995). En la actualidad se conocen más de 6 centros de domesticación independientes según Doebley (2006), identificados principalmente en base a las evidencia arqueológicas, y dentro de las cuales aparecen como relativamente nuevos centros de origen las regiones centro oriental de Estados Unidos y Nueva Guinea como centros de origen de plantas cultivada, donde se habrían domesticado el Girasol y el plátano, respectivamente

(Figura 3). Doebley (2006) muestra como pueden existir una amplia diversidad de centros de domesticación en el sentido que estas regiones difieren en aspectos importantes como son: el tamaño geográfico, el numero y diversidad de especies domesticadas localmente y su potencial relativo como fuente de alimentos (individual e integrado a los sistemas de producción de alimentos), así como en la velocidad en la que se desarrollaron economías basadas en especies domesticadas y en que tanto de expandieron a regiones adyacentes (Smith, 1998; Piperno and Pearsall, 1998).

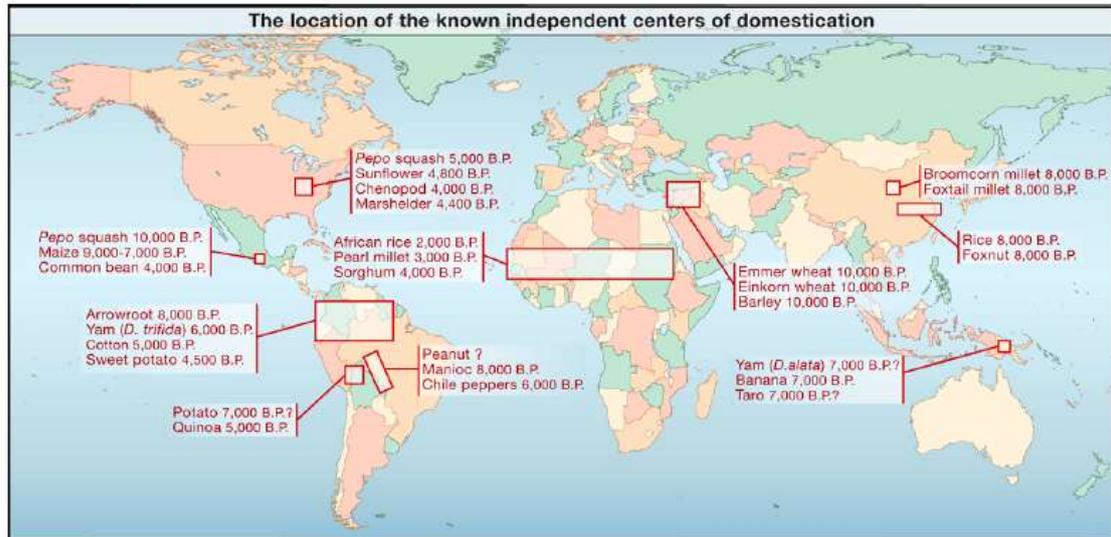


Figura 3. Ubicación de los centros de Origen independiente de domesticación (Doebley, 2006)

Piperno (2011) realiza una extensa revisión extensa de los sitios donde se han encontrado restos arqueológicos en las tierras bajas Neotropicales, que sería parte de las evidencias del origen independiente de la agricultura en esta región, mostrando tanto los registros de cultivos de Mesoamérica y Sudamérica que datan de hasta más de 10,000 años antes del presente para el caso de varias Cucurbitáceas, en el caso de Las Vegas, en Ecuador, o mas de 9000 años en Siches y el Valle de Zaña en el Norte del Perú, pero donde también es posible distinguir la aparición de cultivos como el mate (*Lagenaria* spp), pallares (*Phaseolus lunatus*), mani (*Arachis hypogaea*) entre otros (Cuadro 5). Esto sirve para ilustrar como los estudios arqueológicos pueden y seguirán contribuyendo a la identificación de los sitios de origen de un cultivo, confirmando que estos estudios no son temas cerrados.

Cuadro 5. Ocurrencia de plantas cultivadas y cronología (tomado de Piperno, 2011)

Site	Age	Crop plants
Mexico:		
Guerrero State: Xihuatoxtla Shelter	By 7920 ± 40 BP (by 8960–8940, 8850–8840, and 8780–8630 cal BP)	Maize (Phy and SG-GS), <i>Cucurbita</i> (Phy)
Tabasco State: San Andrés	6208 ± 47 BP (7204–6904 cal BP)	Maize (Phy, Po)
Panama:		
Central Pacific Panama: Aguadulce Rock Shelter	By ca. 8600 cal BP 6910 ± 60 BP (7740–7640 cal BP) 7061 ± 81 BP (7922–7754 cal BP) By ca. 5700 cal BP	<i>Cucurbita moschata</i> , leren, bottle gourd (Phy), Arrowroot (Phy, SG-GS) Maize, manioc (SG-GS), Maize (Phy) <i>Dioscorea trifida</i> (SG-GS)
Cueva de los Ladrones: Cerro Mangote	6860 ± 90 BP (7804–7631 cal BP) 6810 ± 110 (7779–7584 cal BP)	Maize (SG-GS, Phy, Po) Maize (SG-GS)
Western Panama: Chiriqui Rock Shelters	6560 ± 120 BP (7554–7381 cal BP) Ca. 5600 cal BP 6270 ± 270 BP (7779–7584 cal BP)	Arrowroot, maize (SG-GS) Manioc (SG-GS) Maize (SG-GS)
Colombia:		
Middle Porce Valley	Between 6280 ± 120 and 5880 ± 80 BP (between 7321–7032 and 6799–6597 cal BP)	Maize (SG, Phy-GS& Po)
Middle Cauca Valley: El Jazmin	7590 ± 90 BP (8493–8313 cal BP) Between ca. 7000 and 5000 BP (ca. 8000–6000 cal BP)	<i>Dioscorea</i> (SG-GS [<i>D. trifida</i> ?]) Maize (Po)
Middle Cauca Valley, Calima Region: El Recreo	7980 ± 120 and 7830 ± 140 BP (9001–8674 and 8903–8508 cal BP)	<i>C. cf. moschata</i> (Phy); <i>Persea americana</i> (M, [Cul?]); Cucurbitaceae (M)
Hacienda Lusitania Hacienda El Dorado	>5150 ± 180 BP (>6138–5721 cal BP) 6680 ± 230 BP (7771–7349 cal BP)	Maize (Po) Maize (Po)
Upper Cauca Valley: San Isidro	9530 ± 100 BP (11,058–10,706 cal BP)	Bottle gourd (M, Phy), <i>Cucurbita</i> (Phy [Cul?]), <i>P. americana</i> (M), <i>Moranta cf. arundinacea</i> (SG-GS [Cul?])
Colombian Amazon:		
Middle Caquetá Region: Peña Roja Abeja	8090 ± 60 BP (9107–8884 cal BP) >4695 ± 40 BP (>5539–5351 cal BP)	<i>Cucurbita</i> , leren, bottle gourd (Phy) Maize, manioc (Po)
Southwestern Ecuador:		
Las Vegas Sites: OGSE-80 and OGSE-67	Between 10,130 ± 40 and 9320 ± 250 BP (11,750–10,220 cal BP) 9320 ± 250 BP (11,060–10,950, 10,780–10,220 cal BP) 7170 ± 60 BP (8015–7945 cal BP) >5820 ± 180 BP (6850–6810 cal BP)	<i>Cucurbita ecuadorensis</i> (Phy) Leren, bottle Gourd (Phy) Maize (Phy) Maize (Phy)
Valdivia Sites: Real Alto	Ca. 4300 BP (ca. 5000 cal BP)	Leren, achira, arrowroot, maize, manioc (SG, Phy-GS; Phy), jack bean, cotton (M)
Loma Alta	4470 ± 40 BP (5260–5000 cal BP) Ca. 5500–4400 BP (ca. 6500–5200 cal BP)	Arrowroot, maize, manioc, jack bean, <i>Capsicum</i> (SG-Cer) Maize, <i>Cucurbita</i> , Achira (Phy)
Ecuadorian Amazon: Ayaschi	Ca. 5300 BP (ca. 6000 cal BP)	Maize (Po, Phy-Lake sediments)
Eastern Amazon:		
Gerai, Brazil	5760 ± 90 BP (6662–6464 cal BP) Ca. 3350 BP (ca. 3800 BP)	Slash-and-burn cultivation (?) Maize (Po, Phy-Lake sediments)
Northern Peru:		
Zaña Valley	9240 ± 50 BP (10402–10253 cal BP) 7840 ± 40 BP (8630–8580 cal BP) 5490 ± 60 BP (6301–6133 cal BP) Ca. 7500 BP (ca. 8500 cal BP) 8210 ± 180 BP (9403–8784 cal BP) 7120 ± 50 BP (7950 cal BP)	<i>C. moschata</i> (M) <i>Arachis</i> sp. (M) Cotton (M) Manioc (M) <i>C. moschata</i> , <i>Arachis</i> , <i>Phaseolus</i> , <i>Inga feuillei</i> (SG-HTT) Coca (<i>Erythroxylum novagranatense</i> var <i>truxillense</i> ; M)
Siches	9533 ± 65 BP (11015–10885 cal BP; BGS 2426) and 9222 ± 60 BP (10243–10306 cal BP; BGS 2475)	<i>Cucurbita</i> (Phy)
Southern Coastal Peru:		
Paloma	Ca. 7800 BP (ca. 8800 cal BP) 5070 ± 40 BP (5900–5740 cal BP) By 5300–4700 BP (6500–5700 cal BP)	Bottle gourd (M) <i>Cucurbita ficifolia</i> (M) <i>Phaseolus lunatus</i> , <i>Cucurbita</i> spp., guava (<i>Psidium guajava</i> ; M)
Chilca 1	5616 ± 57 BP (6440–6310 cal BP) By 4400 BP (5400 cal BP)	<i>P. lunatus</i> (M) <i>Cucurbita</i> , Achira, <i>ficama</i> (<i>Pachyrhizus ahipa</i>), jack bean
Quebrada Jaguay	7660 ± 50 BP (8445–8395 cal BP)	Bottle gourd (M)
Southeastern Uruguay:		
Los Ajos	4190 ± 40 BP (4800–4540 cal BP)	Maize, <i>Phaseolus</i> (SG-GS); maize, <i>Cucurbita</i> (Phy)

6.4.6. Distribución latitudinal de los centros de origen de plantas cultivadas

Un aspecto que reconoce Vavilov (1926, 1992) en su estudio sobre el Centro de Origen de las Plantas cultivadas es la importancia de las zonas montañosas como sitios importantes de origen de plantas cultivadas, relacionando la gran diversidad de formas bajo cultivo con la topografía montañosa. Vavilov identifica que esto no es únicamente debido a las condiciones ambientales sino también por factores históricos, mencionando que antes de la creación de los culturales que las conformaron grandes se hallaban distribuidas aisladamente principalmente en zonas montañosas abrigadas, escondidas. En efecto, Vavilov identifica que los centros de origen de plantas cultivadas se distribuyen principalmente en regiones montañosas entre el Trópico de Capricornio (23°28'), el sur del Ecuador y cerca de los 45°N del Ecuador en el Viejo Mundo. En este último caso la domesticación de cultivos ha ocurrido aproximadamente entre los dos trópicos (Cáncer y Capricornio).

Generalmente fuera de estas regiones no se han identificado regiones centros de origen de plantas cultivadas. Tal es el caso de regiones que poseen gran diversidad de plantas que brindan diversos alimentos, fibras, medicinas a las poblaciones establecidas en dichas zonas, como son Australia, el Sur de África, o las selvas tropicales de América del Sur, África y Asia, recursos utilizados tal vez por miles de años como alimento, medicina, ropa y en algunos casos los materiales de construcción, pero donde no hay mayores indicios de domesticación histórica, o donde sólo algunas especies han sido recientemente manejadas y domesticadas (Hawkes, 1997). Esto reflejaría que las zonas con mayor diversidad de plantas silvestres no necesariamente han sido las regiones de origen de plantas cultivadas. Esta alta diversidad se encuentra entre aproximadamente los 45-50 ° de latitud norte en Europa, Asia y América del Norte, y hacia el sur hasta 35-40 ° S de latitud en los continentes del sur, además de las zonas desérticas y semidesérticas. Sin embargo, sólo en ciertas áreas entre las latitudes 45 ° N y 30 ° S se observan plantas que han sido domesticadas. En todos los casos orígenes de la agricultura y la diversidad primitiva se produjeron en las regiones de alta y complejos de montaña. (Hawkes, 1997)

Hawkes (1997) propone que debido a la abundancia de recursos durante todo el año en las selvas tropicales y la ausencia de suficientes plantas comestibles en las llanuras y montañas del sur de Europa, en estas regiones no se habrían domesticado plantas que hoy podamos reconocer. Por otro lado, en el caso de las altas montañas, que se encuentran mayormente entre los trópicos de Capricornio y Cáncer, son regiones donde se han domesticado la mayor parte de los cultivos en el mundo. Allí es donde las condiciones extremas de clima y altitud, donde la marcada estacionalidad, la amplia variación de temperaturas y precipitaciones debido a las diferencias altitudinales y fisiográficas habrían permitido la aparición natural de aquellas variantes mutantes dentro de especies principalmente cereales y legumbres cuyas semillas habrían sido muy apreciadas por los humanos. En estas regiones los pobladores habrían ejercido constante presión de selección sobre estas plantas y su interés habría resultado en la detección de aquellas variantes de fácil recolección que posteriormente serían cultivadas y domesticadas. Esta sería por lo menos una de las teorías del origen de las plantas cultivadas y del origen de la agricultura

6.4.7 Uno versus múltiples eventos de domesticación.

Además del origen geográfico de una planta cultivada una pregunta que ha llamado la atención en los estudios de domesticación es si la especie en cuestión proviene de un único evento de domesticación o si ésta fue domesticada varias veces y en diferentes lugares (Diamond, 2002) a lo que Zohary (1999) denominada proceso monofilético y procesos polifilético respectivamente.

En este sentido, y basándose en estudios realizados al respecto, Diamond (2002) llega a la generalización de que los eventos únicos de domesticación son procesos más extendidos en el caso de los principales cultivos de Eurasia, mientras que la mayoría de los cultivos del Nuevo Mundo son los procesos múltiples e independientes. En el primer caso, el movimiento de difusión de plantas cultivadas se habría dado, según este autor, sobre un eje este-oeste, por la facilidad de adaptación de cultivos dentro de una misma latitud, mientras que la expansión de la agricultura en el Nuevo mundo se habría realizado más lentamente sobre un eje norte-sur.

6.4.7.1 Eventos únicos de domesticación.

Eurasia: Cercano Oriente.

El Cercano Oriente, es uno de los centros con mayores evidencias de origen de cultivos bajo un patrón dominante de un único evento de domesticación. Existe una amplia gama de marcadores moleculares para diversas especies de cultivos permitiendo realizar un examen de la diversidad genética de esos y sus parientes silvestres a un nivel muy detallado del genoma (Olsen y Gross, 2008), siendo un común denominador encontrar un patrón de similitud genética de los cultivos con respecto a un espacio geográfico reducido donde se distribuyen sus parientes silvestres, lo que se interpreta como evidencia de un único evento de domesticación en una delimitada zona geográfica, sobre todo en el caso de la mayoría de los “cultivos fundadores” del Creciente Fértil (Badr *et al.* 2000; Zohary y Hopf 2000).

A pesar de que como mencionan Olsen y Gross (2008) sobre la amplia gama de marcadores moleculares, existen aun muy pocos trabajos con un enfoque filogeográfico, uno de los enfoques más recientes en el estudio de centros de origen de plantas cultivadas, con respecto al estudio de estos procesos que sustenten los orígenes y movimiento de cultivos durante los procesos de domesticación. Con respecto a aquellos trabajos que explicarían un origen por un evento único, son pocos los que cuentan con un análisis filogeográfico o por lo menos filogenético. Entre estos están el de Ozkan *et al.* (2002), que propone que el sitio de origen del trigo cultivado (*Triticum aestivum*, *T.dicoccum*), coincide con el centro de origen de los “cultivos fundadores” de la agricultura en el Creciente Fértil. El origen de este cultivo está definido en el sureste de Turquía, y respalda la hipótesis de que la agricultura se originó en los alrededores de esa región, cerca a las riberas del Tigris y Eufrates (Heun *et al.*, 1997).

Por otro lado, Allaby *et al* (2005) sustentó el origen monofilético del cultivo del lino, *Linum usitatissimum*, a partir de un único ancestro común, que sería la especie silvestre, *L. angustifolium*. Los patrones de distribución de la variabilidad de esta especie muestran dos grupos, que son el de Europa Oriental y Occidental, más las accesiones del nuevo mundo, y el grupo del Cercano Oriente, África y el Sureste de Asia. Sin embargo la muestra analizada es pequeña para establecer diferencias significativas entre estos grupos y definir con claridad el origen geográfico del cultivo, pero al parecer los caracteres ancestrales correspondientes a la región del Cercano Oriente sustentarían el origen en esta región, siendo el área más importante el sureste de Turquía.

Otro cultivo de gran importancia en *Lens culinaris* en esta región. Una importante aproximación con bases filogenéticas es el estudio realizado por Mayer y Soltis (1994) quienes determinaron claramente que el pariente silvestre de este cultivo es claramente *Lens culinaris* subsp.*orientalis*, la cual tiene una distribución restringida, al igual que las demás especies del género, en la región Occidental de Asia, norte de África y el Mediterráneo.

Las Américas

En América también existen ejemplos muy importantes de este tipo de procesos. La papa es un cultivo que consta de 7 especies del género *Solanum*. Spooner *et al* (2005) realizaron un análisis filogenético, con accesiones de las

especies cultivadas y silvestres de *Solanum* spp. de la sección Petota y sección Etuberosum. Los análisis cladísticos y fenéticos mostraron que las poblaciones de variedades nativas formaban un clado monofilético, derivado de las especies miembro del complejo *Solanum brevicaulis*, especies agrupadas recientemente dentro de *S.bukasovii*, concluyéndose que la distribución actual de este cultivo, que se extiende en los Andes, y llega al sur hasta Chile, sería claramente producto de la difusión de norte a sur, y se sustentaría en que la distribución geográfica del complejo de especies silvestres que darían origen a esta especie, que son alrededor de 20 especies morfológicamente similares, se distribuyen desde la región Central del Perú, Bolivia y el norte de Argentina (Ugent, 1970).

En el caso del maíz (*Zea mays*) se realizó un análisis filogenético de microsatélites (Matsuoka *et al.*, 2002), utilizando accesiones de este cultivo y de dos especies cercanamente emparentadas, *Z.mays* subsp. *parviglumis* y *Z.mays* subsp. *mexicana*, y como grupo externo, *Z.mays* subsp. *huehuetenanguensis*. El resultado reveló que este cultivo sería producto de un único linaje filogenético que deriva de la especie *Z.mays* subsp. *parviglumis*, una especie de teosinte, cuya domesticación se habría llevado a cabo a partir de poblaciones de la región central del Río Balsas, siendo las evidencias de los maíces más antiguos correspondientes a los estados de Oaxaca y Jalisco, principalmente las zonas altas de Oaxaca. A partir de estas regiones se habría dado lugar al proceso de diversificación hacia el oeste de México para luego ir hacia el Norte, y luego hacia el Sur, llegando hasta los Andes, en Sudamérica.

Por otra parte, Olsen y Schaal (1999) estudiaron la filogeografía de *Manihot esculenta*. Este trabajo se realizó analizando la variación en accesiones de *M.esculenta*, *M.pruinosus* y *M.esculenta* subsp. *flabellifolia*. El trabajo reveló que la especie cultivada se habría originado a partir de la subespecie *flabellifolia*, observándose que los haplotipos compartidos se distribuyen restringidamente a lo largo del límite sur de la cuenca del Río Amazonas (Mato grosso, Rondonia y Acre, en Brasil), lo que expresaría consistentemente que esta región constituiría el origen geográfico de la especie cultivada, pudiendo extenderse hasta el oeste, e incluir poblaciones silvestres en el Perú.

6.4.7.2 Múltiple eventos de domesticación.

Si bien es común encontrar un patrón de origen único en la mayoría de cultivos originarios en el Viejo Mundo, la ubicación geográfica de los sitios de origen de algunos cultivos no siempre coincide con los escenarios que revelan los restos arqueológicos (Olsen y Gross, 2008). Recientemente algunos estudios han propuesto que la ocurrencia de múltiples eventos de domesticación es más probable de lo que se había pensado con base a nuevas evidencias arqueológicas y análisis comparativo de distribución pasada y actual de los parientes silvestres de los “cultivos fundadores” de la agricultura en el Viejo Mundo. Además existe nueva evidencia obtenida a partir de patrones de diversidad genética y su distribución, junto con el análisis de la diversidad de especies asociadas a dichos cultivos (Willcox, 2005). Diversos estudios filogeográficos y filogenéticos han podido identificar mediante el uso de marcadores moleculares, que la ocurrencia de múltiples eventos independientes de domesticación de diversos cultivos es más común de lo que se imaginaba hace 15 años (Willcox, 2005)

Eurasia: Cercano Oriente

La cebada es uno de los “cultivos fundadores” más antiguamente domesticados y de gran importancia a nivel mundial. Shaisho y Purugganan (2007) sustentó el origen múltiple de la cebada, *Hordeum vulgare*, mediante un análisis filogeográfico y de características morfológicas, con el cual se identificó una considerable diferenciación y grado de aislamiento entre la cebada de Europa y África, con la cultivada en los alrededores de Asia y el Cercano Oriente siendo claramente los dos centros de origen

de la cebada: el del Creciente Fértil (Turquía, Siria, e Irak y el Cáucaso), que habría dado origen a la cebada de Europa y África del Norte; y el del Este, de la Meseta Iraní (Irán, Afganistán, Pakistán, y Cachemira), que habría dado origen a la cebada asiática. Con esto se revela que la cebada domesticada de China, India, y de las regiones Himalaya son genéticamente y en algunos casos morfológicamente diferentes a los encontrados en el occidente.

Besnard *et al.* (2002) realizó un análisis filogeográfico de las relaciones entre las familias genotípicas de *Olea europaea*, y especies emparentadas. Con este trabajo obtuvo 5 grupos claramente diferenciados, uno asociado a su distribución en centro y sur de África, otro a Asia, un tercero que corresponde al Noroeste de África, el clado que agrupa las accesiones del Mediterráneo y el Sahara, y finalmente el grupo del Oeste del Mediterráneo. El clado del Asia, que corresponde a *O. europaea* subsp. *cuspidata* o *Olea cuspidata*, y a *Olea chrysophylla* es muy diferente al que agrupa a los otros cuatro. Los cultivares de olivo se hallan en el gran clado, sobre todo en el correspondiente a la región del Mediterráneo y Sahara y del Oeste del Mediterráneo. Debido a que los olivos cultivados serían producto de migraciones continuas y a que forman un complejo con comprobada interfertilidad, no es muy claro el patrón encontrado aquí, pero sustentaría un múltiple origen de este cultivo, coincidiendo con el trabajo de Besnard y Berville (2000). También apoya el trabajo de Contento *et al.* (2002) quien mediante un análisis de familias genotípicas de *Olea europaea* encontró diferentes cultivares de olivo en tres grupos claramente definidos (Contento *et al.*, 2002), proponiendo un probable origen polifilético de este cultivo.

China.

El arroz, *Oryza sativa* tendría también múltiples orígenes. Londo *et al.* (2006) con base en el análisis de la distribución de *Oryza rubipogon*, pariente silvestre del arroz, y accesiones de arroz cultivado, *Oryza sativa*, encontraron que la especie silvestre *Oryza rubipogon* sería originaria de la región de la India e Indochina, y que la subespecie *japonica* se domesticó a partir de esta en el Sur de China y Taiwán, con diferenciación de dos regiones principales, el sureste de China (tropical) y zonas templadas y subtropicales de China y las regiones altas el sureste asiático. De igual manera este estudio sustenta un segundo origen del cultivo basado en similitudes haplotípicas entre poblaciones de *Oriza rubipogon* y *Oriza sativa* subsp. *indica* en zonas de la India y de Indochina, mayormente en Bangladesh y la India, Tailandia y Myanmar. Finalmente, las diferencias entre los haplotipos que caracterizan a estos grupos sustentan la hipótesis de que *O. sativa* subsp. *indica* fue domesticada en un área separada a la variedad *japonica*.

En América

Para los cultivos americanos, el origen por múltiples eventos de domesticación suele ser común y esta bien documentado en el caso de especies más cercanamente emparentadas (Chacón *et al.*, 2005) como en las calabazas, el algodón americano (*Gossypium hirsutum* y *Gossypium barbadense*), y los granos de amaranto (*Amaranthus hypocondriacus*, *A. cruentus* y *A. caudatus*). Sin embargo también existen casos para poblaciones diferentes de una misma especie como es el caso del frejol, *Phaseolus vulgaris*. En algunos casos, como el de *Cucurbita* spp., se identificaron hasta seis eventos independientes de domesticación de estas especies, con lo que se responde a la interrogante del número de eventos de domesticación específica a *Cucurbita pepo*, la cual habría sido según este estudio, domesticada más de una vez (Sanjur *et al.*, 2002). La zona potencial de domesticación *C. pepo* subsp. *ovifera*, sería el oriente de Norte América y se extendería hasta el noreste de México. El otro probable ancestro silvestre sería *C. pepo* subsp. *fraterna* y probablemente se encuentra en el sur de México. Así mismo este trabajo identifica domesticación de

C. moschata y *C. máxima* en Sudamérica, y el origen de *Cucurbita argyrosperma* y *C. sororia* se encontraría en México.

Los amarantos, *Amaranthus hypocondriacus*, *A. cruentus* y *A. caudatus* son un grupo de especies de gran importancia tanto en Mesoamérica como en Sudamérica que provendrían de ancestros silvestres diferentes del complejo *A. hybridus* (*A. hybridus*, *A. quitensis* y *A. powellii*). Un estudio no propiamente filogeográfico, sobre la filogenia de este género y su distribución realizado por Mallory *et al.* (2008), propone que el origen de estos cultivos sería a partir de un único ancestro, *A. hybridus*, pero mediante eventos múltiples independientes de domesticación. En el centro de México habría ocurrido la domesticación de *A. hypocondriacus*, y al sur colindando con el Norte de Centroamérica, se habría domesticado *A. cruentus*. Finalmente, en el sur de los Andes se habría originado *A. caudatus*.

En América, las especies cultivadas de algodón son *Gossypium barbadense* y *Gossypium hirsutum*. Estudios el análisis de diversidad genética de estos cultivos, sus formas más primitivas bajo cultivo, y de especies emparentadas, han contribuido a proponer aproximaciones sobre sus orígenes. En el caso de *G. barbadense*, el estudio realizado por Westengen *et al.* (2005) determinó la presencia de una diversidad especialmente alta en muestras de la costa del Perú, agrupándose las muestras del Noroeste del Perú con las del Suroeste de Ecuador, las que serían basales con respecto a las demás muestras, y lo que revelaría que esta región sería el centro de domesticación de *G. barbadense*, y que el cultivo se habría expandido de aquí hacia el norte, hasta las islas del Caribe y Pacífico, y hacia el oeste y sur, a través de los Andes. Así mismo, Brubaker y Wendel (1994) identifican para *G. hirsutum* dos grupos filogenéticos, siendo el posible centro de domesticación de esta especie el grupo correspondiente a las costas de Yucatán, México, a partir de lo cual se habría distribuido hacia el Sur de México y Guatemala, Honduras y Nicaragua, lo que constituye el segundo grupo.

El cultivo de frejol, *Phaseolus vulgaris* se habría originado a partir de eventos independientes de domesticación, habiendo ocurrido primero en los Andes Sudamericanos y posteriormente en Mesoamérica (Chacón *et al.*, 2005). En Sudamérica, la concentración de variabilidad en parientes silvestres y cultivares sugeriría que la región centro sur del Perú sería el centro de origen de este cultivo. Por otro lado, los autores mencionan que la domesticación del frejol en Mesoamérica ocurrió alrededor de 2000 años después que en Perú, y sería producto de un proceso más complejo debido a la heterogénea distribución de la variabilidad de cultivares de frejol y de parientes silvestres en regiones tanto del centro como del sur de México, que serían más alejados filogenéticamente, pero que se sobrelapan geográficamente, lo que haría pensar en múltiples domesticaciones a nivel regional. Sin embargo, debido a la incertidumbre sobre ciertas similitudes genéticas entre el cultivo y sus parientes es difícil precisar si en Mesoamérica el origen de este cultivo es único o múltiple.

Por otro lado, Miller y Schaal (2006) realizaron un estudio filogeográfico sobre la domesticación de la *Spondias purpurea* “jocote” o “ciruela mexicana”, donde determinaron que el ancestro era la misma especie silvestre, e identificaron claramente dos grupos determinados geográficamente: uno ubicado en el oeste de México Central y otro que va del Sur de México hacia Centroamérica, lo que confirma que esta especie fue domesticada más de una vez en Mesoamérica, lugares donde se distribuyen las poblaciones silvestres.

6.4.8 Centros de origen y patrones de distribución de parientes silvestres.

Para el caso de Eurasia, Zohary (1999) sugiere que los ancestros silvestres de los “cultivos fundadores” (Zohary y Hopf 1994) trigo (*Triticum turgidum subsp dicoccum*, *T. monoccocum*), guisantes (*Pisum sativum*), lentejas (*Lens culinaris*) y el yero (*Vicia ervilia*), habrían sido domesticados una única vez o a lo más unas pocas veces en la zona entre Turquía y el oeste de Irán.

En esta región limitada se habrían distribuido intersectándose, parientes silvestres sobre todo de cereales (Zohary y Hopf, 1994; Ozkan *et al.*, 2002), como los trigos silvestres (*Triticum urartu*, *T.boeoticum*, *T.dicoccoides*, *Aegilops tauschii*), lo que coincide con lo encontrado en el estudio de Ozkan *et al.* (2002). Así también en esta zona se distribuiría la cebada silvestre (*Hordeum spontaneum* y *Hordeum vulgare subsp. spontaneum*) y centeno silvestre (*Secale vavilovii*), por lo que en esta región, luego de la domesticación de dichas especies, se habría dado lugar a una rápida expansión de los cultivos.

En el caso de los parientes silvestres de los garbanzos (*Cicer arietinum*) habrían tenido una distribución aun más restringida en el sureste de Turquía, zona que coincide con la zona de distribución de ancestros silvestres de los guisantes, lentejas y garbanzos, y también de especies muy cercanamente emparentadas (Zohary, 1999), como en el caso del ancestro silvestre de *Pisum*, *P.sativum* subsp *syriacum*, que comparte su distribución con *P.sativum* subsp.*eliatus*, *P.fulvum*, todas las cuales se distribuyen en el Cercano Oriente (Zohary, 1996), siendo la última productora de semillas sabrosas, atractivas para su cultivo, pero que no ha sido domesticada.

A pesar de la generalización de Diamond (2002), el patrón de un único evento de domesticación también se observa en América. Tanto en Eurasia como América estos eventos únicos se sustentarían en la distribución limitada de los parientes silvestres de dichos cultivos y la concentración de diversidad de especies emparentadas como lo observado para el caso de especies silvestres de trigo (Ozkan *et al.*, 2002), y también para el caso de la maíz en Mesoamérica, la papa en la región Andina y la yuca en la Amazonía, (Olsen y Schaal, 1999; Spooner *et al.*, 2005; Matsuoka *et al.*, 2002). En el caso de la papa cultivada, a pesar de que los parientes silvestres constituyen un complejo, su distribución limitada habría propiciado un único evento de domesticación. En este sentido, trabajos como el de Grassi *et al.* (2006) que estudia la filogeografía de *Vitis vinifera* subsp. *silvestris*, pariente silvestre de *V.vinifera* subsp.*vinifera*, aporta información importante para identificar el centro de origen de los ancestros silvestres dentro de su distribución natural, como una aproximación para identificar probables centros de origen de plantas cultivadas como la vid.

En el caso de *Linum usitatissimum*, había dudas sobre su origen único debido a la amplia distribución de esta especie silvestre (Allaby *et al.*, 2005) y por estudios previos con marcadores moleculares que mostraban diversos agrupamientos geográficos (Fu, 2005). Sin embargo las evidencias que sustentan un único evento de domesticación en el Cercano Oriente, para luego expandirse hacia Europa, como resultado de la concentración de diversidad y prácticas asociadas al cultivo de diferentes especies en un área tan restringida, asemejaría lo sucedido con el “paquete” de cultivos fundadores.

En el caso de domesticación vía múltiples eventos aislados, existen muchas hipótesis y discusión. En este sentido, Allaby (2005) presentó mediante simulaciones, que en periodos suficientemente prolongados de domesticación, las posibles evidencias genéticas de un origen polifilético o múltiple se puedan perder, sobre todo por efecto de la deriva génica que eliminaría las huellas de múltiples domesticaciones en poblaciones con tamaños efectivos de población reducidos en varias etapas. Sin embargo, como menciona Olsen y Gross (2008), es necesario complementar esta información con evidencias arqueológicas para una reconstrucción más precisa de los eventos que rodearon a los procesos que dieron origen a la agricultura.

Los casos documentados y analizados mediante marcadores moleculares muestran que este patrón es común a cultivos de Eurasia y de América, pero es más claro en este último, especialmente para Mesoamérica y la región Andina. En todos estos centros de origen estos eventos habrían sido propiciados por la amplia distribución geográfica de los parientes silvestres de los cultivos. De hecho, los centros de origen de la cebada identificados en el trabajo de Saisho y Purugganan (2007) constituye el rango de distribución de la cebada silvestre, el cual se extiende en la cuenca oriental del Mediterráneo y en los países occidentales de Asia, llegando hasta

Turkmenia, Afghanistan, Ladakh y el Tibet, como lo describiera previamente Zohary y Hopf (1994). De igual manera, el análisis filogeográfico de Besnard *et al.* (2002) refleja la amplia distribución del complejo de especies silvestres que dio origen a esta especie cultivada. Finalmente, en el caso del arroz es evidente la amplia distribución de la especie silvestre *Oryza rubipogon* desde la región sureste de China hasta la parte más occidental de la India. Sin embargo, un estudio más reciente sobre *O.sativa* (Gao e Innan, 2008) habría puesto esto en duda en este origen múltiple, debido a que se encontró una correlación positiva entre la reducción de la diversidad genética en múltiples loci en las dos subespecies que Shaisho y Purugganan proponen como de origen diferente. A pesar de esto, y volviendo a lo que mencionan Olsen y Gross (2008), otras evidencias sustentarían un origen múltiple tanto del cultivo de arroz como de muchos otros cultivos.

El gran escenario de domesticaciones múltiples es el americano. Como se puede apreciar en los trabajos sobre cultivos americanos, la distribución de sus parientes silvestres es extremadamente extensa, siendo muy claro en el caso de *Phaseolus vulgaris* silvestre, cuya distribución es amplia aunque discontinua, desde las tierras altas de Mesoamérica (México a Panamá) y Sudamérica, hasta la región sur de los Andes, comprendiendo Bolivia y el Norte de Argentina. De manera similar, la distribución de la diversidad de especies del género *Cucurbita* desde el sureste de los Estados Unidos hasta la parte sur de los Andes Centrales, en Sudamérica, casi coincidentemente con la distribución de la especie *P.vulgaris*. Un patrón similar de distribución poseen las especies ancestrales del algodón cultivado y de los granos de amaranto. Mas aún, el estudio de Miller y Schaal (2006) sobre *Spondias purpurea* ha permitido visualizar que al interior de algunos de los centros definidos previamente, como por ejemplo Mesoamérica, se pueden identificarse más de un área generatriz pequeña de procesos de domesticación. Por lo tanto, la amplia distribución geográfica y riqueza de las especies silvestres en este rango, y el establecimiento de importantes grupos culturales diferentes en Mesoamérica y la región andina (Harlan, 1976), habría contribuido a la domesticación independiente de estos cultivos, y a la diversificación de los mismos.

6.5 Centros de Diversidad de plantas domesticadas

Es un área geográfica y biocultural donde se encuentra un núcleo de alta diversidad de poblaciones que contienen variación genética, morfológica, fisiológica o ecológica (entre otras) como producto la selección y manejo humano (CONABIO, 2011). Estas poblaciones pueden estar en diferentes estadios de domesticación, y no necesariamente implica que sea un centro de domesticación, pudiendo estar muy alejados de donde se distribuyen los parientes silvestres del cultivo (Zohary, 1970) y que más bien son el resultado de la diversificación posterior a su domesticación, habiendo sido movidos por la mano del hombre durante migración de los primeros agricultores. Sin embargo, también es posible que ambos sitios coincidan si es que una especie de cultivo se originó en una región muy reducida y no se dispersó fuera de esta, diversificándose en un área muy delimitada (Zohary, 1970). Además, estos centros de diversidad no son necesariamente el sitio de origen de algunas de las variedades que allí se encuentren un centro de diversidad, e incluso puede no ser parte del área de distribución natural de la especie silvestre (en su sentido biológico), como resultado de movimiento espacial de propágulos desde un sitio de origen de poblaciones silvestres distante (Zohary 1970; Hawkes, 1983)

Harlan presenta cuatro factores como aquellos más importantes en determinar la variación acumulada en los llamados centros secundarios o subcentros de Vavilov, es decir, los centros de diversidad, y son (Harlan, 1975: 137):

- a) Una larga y continua historia de cultivo
- b) Diversidad ecológica, en la forma de muchos hábitats donde establecer muchas razas o variedades.

- c) Diversidad humana, en el sentido que diferentes tribus o grupos culturales son atraídos por diferentes variantes de cultivos
- d) Introgresión con parientes silvestres o arvenses o entre diferentes variantes de un mismo cultivo

Zohary (1970) resalta lo descrito por Vavilov (1926) sobre que las regiones montañosas serían centros de gran variación en comparación con las llanuras, debido que al presentar ambientes más heterogéneos es posible encontrar una amplia gama de variantes relacionado a cada uno de estos, y donde más aun, los procesos de aislamiento debido a condiciones fisiográficas contribuyen a generar más divergencias entre poblaciones y por lo tanto poblaciones con sus características particulares. Las regiones montañosas serían “áreas con comunidades agrícolas espacialmente semi-aisladas y con ‘cultivos en parches’ por un lado, y con una amplia diversidad de climas y suelos en la otra, lo que concuerda con los requerimientos planteados por el modelo de Sewall Wright’s sobre la evolución rápida” (Zohary, 1970: 37).

Esto sucede en el continente americano, donde los principales centros de diversidad son la región Andina y Mesoamérica. La primera se caracteriza por ser un centro de diversificación de tuberosas nativas como la papa, que de siete especies (*Solanum ajanhuiri*, *S. chaucha*, *S. curtilobum*, *S. juzepzuckii*, *S. phureja*, *S. stenotomum*, and *S. tuberosum*), se cuenta con 3000 variedades caracterizadas con descriptores botánicos (Brack, 2003), “oca” (*Oxalis tuberosa*) con por lo menos 50 variedades descritas, “olluco” (*Ullucus tuberosus*) con 50 a 70 clones, y “mashua” (*Tropaeolum tuberosum*) con cerca de 100 variedades descritas (Brack y Bravo, 2006). Y la segunda se caracteriza por ser el centro de diversidad de maíz, donde hasta el año 2000 se habían descrito hasta 59 razas de maíz (Kato et al., 2009), de las 220 razas de maíz descritas en América Latina (Goodman y McK Bird 1977), aunque Ortega-Packza (2003) afirma que es posible que hubiesen más.

Un estudio realizado a lo largo de 10 años con 27 especies de cultivos de todos los continentes (Figura 5), llevo a concluir a Jarvis y colaboradores (Jarvis et al., 2008) que el manejo tradicional in situ o en chacra mantiene altos niveles de diversidad genética, particularmente en especies bajo propagación clonal, demostrando un patrón inusual en que el manejo de plantas mantiene importantes proporciones de variabilidad, contradiciendo el supuesto general de que las poblaciones manejadas y cultivadas presentan disminuciones drásticas en la variación genética como consecuencia de la selección artificial (Hawkes, 1983; Doebley, 1992) pero lo que está relacionado con el manejo tradicional in situ que suele promover la conservación y generación de diversidad.

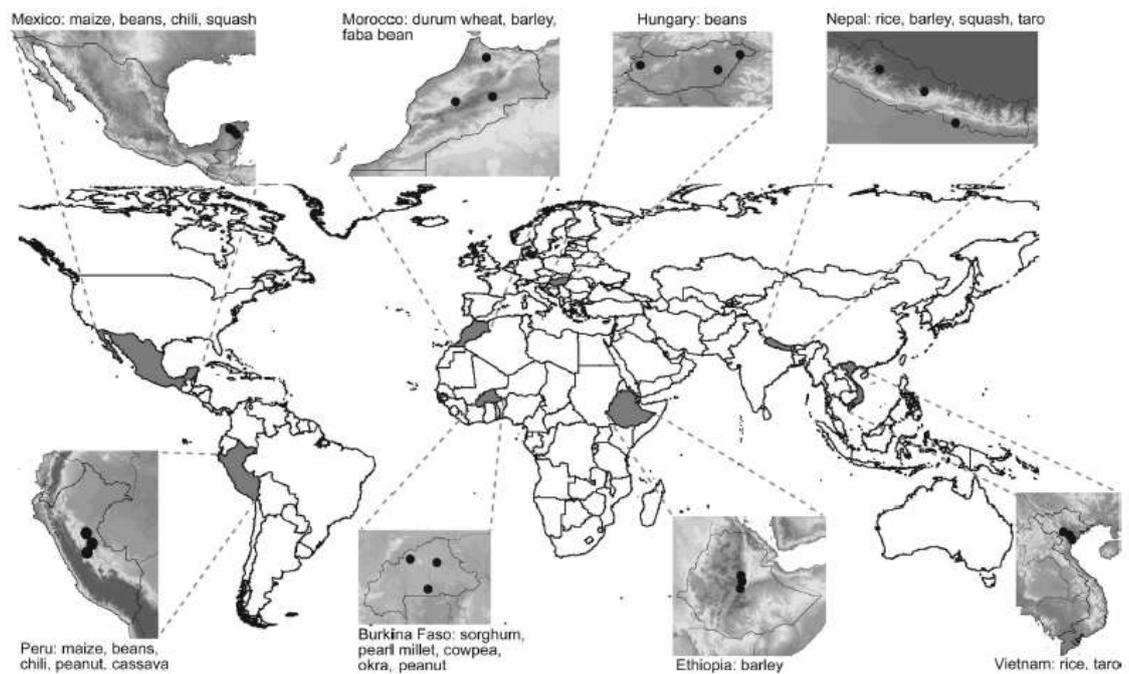


Figura 5. Mapa mostrando los sitios de estudio para los cultivos incluidos en Jarvis et al (2008)

En dicho estudio, Jarvis et al (2008) encontraron casos de gran dominancia de variedades, pero con mucha de la riqueza mantenida a bajas frecuencias, lo que sería parte de estrategias de manejo diversificadoras a manera de seguro frente al cambio global, incluyendo el cambio climático, y también identificaron casos en que la diversidad es más uniforme entre parcelas, que indicaría que los pobladores están seleccionando diversidad de variedades que sirven para una diversidad de requerimientos y propósitos.

En base a este y otros estudios es posible definir con mayor claridad que la diversidad genética se encuentra distribuida de manera irregular en el mundo, donde los centros de diversidad suelen coincidir con los centros de domesticación de plantas (Gepts, 2006), y son espacios geográficos donde se puede encontrar gran diversidad morfológica y genética que sería producto de una larga historia de co-evolución entre humanos y cultivos (Brush, 2004; Zimmerer, 2010).

Bellon y van Etten (2013) mencionan que esta amplia diversidad se refleja en: a) el cultivo de una gran diversidad de variedades nativas asociadas a un conocimiento local; b) los múltiples usos y preparaciones generalmente ligados a preferencias culturales particulares; c) las prácticas de manejo como por ejemplo seleccionar y compartir semillas, la rotación de cultivos y el intercalado; d) variedades nativas específicas a ciertos nichos para optimizar la producción y disminuir el riesgo y e) las normas sociales y organización que subyace en todos estos aspectos.

6.5.1. Los centros de diversidad genética de plantas cultivadas y el manejo humano.

De igual manera a lo descrito sobre los parientes silvestres de plantas cultivadas, la amplia variabilidad encontrada en sistemas tradicionales de cultivo no puede ser solamente conservada en bancos de germoplasma *ex situ* debido que en estos espacios no es posible preservar los procesos dinámicos de evolución bajo los cuales se encuentran, ni los conocimientos de los agricultores acerca de la selección y el manejo necesarios para el desarrollo y evolución de las variedades nativas (Jarvis et al., 2008). En el caso de las plantas cultivadas, el proceso de diferenciación de las poblaciones vegetales ocurre asociada a la diversidad de los usos y prácticas de

manejo por parte de los seres humanos y cuando los agricultores utilizan sus propias semillas o las de otros (semillas sexuales y propágulos vegetativos), por el manejo y selección artificial. En efecto, la generación de variabilidad morfológica es una de las consecuencias de los procesos de domesticación (Pickersgill, 2007), como consecuencia de la selección humana basada en múltiples criterios muy particulares basados en percepciones personales relacionadas con requerimientos internos lo cual se integra al contexto ambiental que los rodea. Boster (1985) propone que la selección de variedades se da por lo que denominó “selección por distinción perceptiva”, que se refiere a la conservación de cultivares de diferentes morfotipos por agricultores tradicionales, y que indica un grado de percepción muy fina que Boster detectó en la selección de propágulos de yuca (*Manihot esculenta*) por agricultores aguarunas, quienes pueden diferenciar una gran cantidad de variantes en base a caracteres vegetativos (de tallo y hoja).

Este grado de percepción también detecta variaciones en caracteres reproductivos visualmente atractivos, como es el caso de la fruta de “pitaya de mayo”, el *Stenocereus pruinosus* (Cactaceae), que en la Mixteca de Oaxaca, México, los agricultores pueden diferenciar por el color de la pulpa de la fruta. En efecto, los mixtecos pueden diferenciar y seleccionan para siete tonalidades de color rojo y ocho del color amarillo de pulpa (Luna-Morales et al., 2001). Esto es lo que Hawkes (1983) denomina “selección estética”, haciendo referencia a la selección del hombre en los inicios de la domesticación con base en las percepciones visuales de diferentes colores y formas de aquellas nuevas variedades, las “mutantes” a partir de las cuales se derivarían los cultivos domesticados, en base al conocimiento de la historia de la humanidad llena de arte en la creación de objetos e infraestructura. “Las plantas domesticadas son parcialmente creaciones humanas, quienes vía la selección artificial, han creado estéticamente obras maestras de cultivos” (Hawkes, 1983: 11)

La variabilidad de los cultivos es al menos parcialmente resultado de la adaptación de un cultivo al o los ambientes donde se establecen (Harlan, 1975). En el caso de los pequeños agricultores, la diversidad intraespecífica es parte fundamental de las estrategias de adaptación a la alta incertidumbre ecológica y socioeconómica, sobretodo en países en desarrollo (Bellón 1991, 1996; Brush 1992). En el caso de los cultivos andinos, las montañas y su verticalidad serían un factor determinante en la generación de diversidad, como resultado al menos parcialmente de la selección humana orientada a adaptarse al ambiente (Brush, 1992). Zimmerer (1991) identificó que en sistemas tradicionales de cultivos, la alta variabilidad en chacra de papa y maíz sería producto de las diferencias agroecológicas en los sitios de cultivo, del calendario y agrupamientos taxonómicos. Velásquez-Milla et al (2012) encontraron coincidentemente, que en la región andina central la gran diversidad en chacra de tubérculos nativos se debe al establecimiento de gran número de parcelas en diferentes niveles altitudinales, como parte de estrategias de manejo del riesgo, que resultan de formas de organizar el espacio agrícola en medio de su entorno natural mayor.

Sin embargo, si bien el factor ambiental es una de las causas principales que promueven el manejo de gran variabilidad en sistemas de cultivo tradicionales, también existen razones culturales y de identidad local que contribuyen como importantes criterios de selección. Zimmerer (1991) encontró como la gran variabilidad puede ser producto de la “selección por percepción distintiva” y de la selección directa para obtener mayor producción y por la forma de preparación y consumo. En el caso del cultivo de papa, la diversidad encontrada y su clasificación serían resultado de la relación con el entorno o paisaje. Este autor menciona que este tipo de clasificación es resultado de un prolongado y rico legado resultado de la cultura ancestral Andina, y tendría una perspectiva de paisaje humano-geográfico, donde el entorno natural se vuelve una fuente de iconos para los pobladores locales los cuales integran a su propia identidad reflejándolo en denominaciones de sus recursos. Este aspecto es muy interesante e importante debido a que generalmente existe gran interés por

conservar *in situ* las variedades nativas como recursos genéticos, pero no se presta atención a la continuidad del desarrollo de un simbolismo basado en los paisajes naturales que se incluyen en estos sistemas de clasificación y que por lo tanto conllevan a una selección de dichas variantes, como un reflejo del sentido de pertenencia de los pobladores manejadores de estos recursos a dichos paisajes. Es importante reconocer que la selección de variedades desde esta perspectiva puede verse interrumpida como una de las tantas consecuencias de la desaparición de dichos paisajes y del vínculo tradicional del agricultor con ellos.

Velásquez-Milla et al.(2011) encontraron evidencias similares en el sentido de que la conservación de gran diversidad dentro de los cultivos nativos estaría relacionado con una identidad cultural muy arraigada así como por la conservación de características tradicionales de manejo agrícola, donde el mayor mantenimiento de tradiciones culturales agrícolas, persistencia del uso del idioma quechua y transmisión de conocimientos tradicionales, tierras y semillas de generación en generación son de las principales causas de conservación de mayor riqueza de variedades campesinas de tuberosas nativas entre agricultores andinos tradicionales. Por lo tanto, la discriminación de la tradición andina puede generar transformaciones culturales que pueden a su vez modificar aquellos procesos involucrados tanto en la conservación como en la generación de diversidad de las diferentes especies de recursos genéticos.

6.6 Los centros de diversidad biocultural.

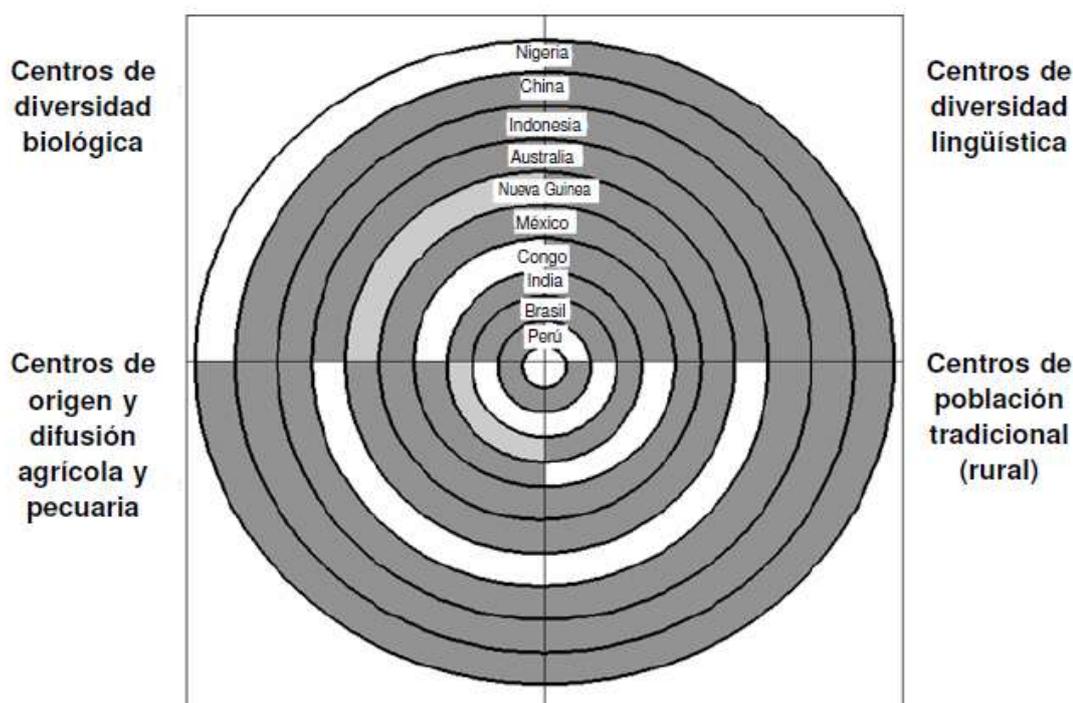
Lo expuesto previamente hace referencia al caso andino por ser el contexto nacional, pero bien representa los procesos de manejo, conservación y generación de recursos genéticos por parte de sociedades tradicionales. En particular esto representa como los diferentes criterios de selección humana a las que están sujetas las plantas, animales, ecosistemas por parte de los pueblos indígenas tradicionales que han coevolucionado con sus ecosistemas, van determinando procesos de domesticación en un laboratorio “biocultural” como lo denomina Boege (2010), que es resultado de una larga trayectoria de interacción entre las culturas y sus ambientes naturales, generándose complejos biológico-culturales (Toledo y Barrera-Bassols, 2008) donde se ha desarrollado un patrimonio biocultural en la forma de bancos genéticos *in situ*, tanto “de plantas como animales domesticados, semi-domesticados, agroecosistemas, plantas medicinales, conocimientos, rituales y formas simbólicas de apropiación de los territorios” (Boege, 2010: 23), reflejado en la agricultura, actividad alrededor de la cual estos grupos indígenas desarrollaron sus vínculos e identidad.

Como resultado de varios procesos de diversificación, que involucran no sólo la diversidad biológica y genética, sino también de los grupos culturales que viven y hacen uso de ella, como la diversificación lingüística, cognitiva, agrícola y paisajística, es que resultan en complejos biológico culturales fruto de miles de años de interacción entre las culturas y sus ambientes naturales (Toledo y Barrera-Bassols, 2008).

Como resultado del reconocimiento y apropiación adecuada de la diversidad biológica de los ecosistemas donde se distribuyó la especie humana desde sus inicios es que se produce su expansión y diversificación, reflejando un carácter simbiótico o coevolutivo que surge del aprovechamiento de dicho entorno en base a las necesidades tanto materiales como espirituales de los diferentes grupos humanos (Toledo y Barrera-Bassols, 2008), resultando en una compleja y amplia gama de interacciones muy finas y específicas según la relación de cada cultura local y su entorno.

La confluencia de la diversidad lingüística, biológica y agrícola se revelan en la forma de estrechas correlaciones, principalmente en los países de la franja intertropical, los cuales poseen altos niveles de endemismos y lenguas, además de formar parte de los centros de origen y domesticación de diferentes especies. En efecto, hay evidencias de correlación entre la diversidad biológica y la diversidad

lingüística. Según Ethnologue (www.ethnologue.org) para el año 2014, existen 7106 lenguas en el mundo, donde tan solo doce países cuentan con el 54% de este total, y son: Papua Nueva Guinea, Indonesia, Nigeria, India, Australia, México, Camerún, Brasil, Zaire, Filipinas, India, Ecuador y Venezuela. Asimismo, según Mittermeier y Goettsch-Mittermeier (1997) son doce países que albergan el mayor número de especies en general, y especies endémicas, reconocidos por esto como “megadiversos” que son: Brasil, Indonesia, Colombia, Australia, México, Madagascar, Perú, China, Filipinas, India, Ecuador y Venezuela, siendo nueve los que coinciden en diversidad biológica y lingüística. Otras evidencias resultado del análisis de las ecorregiones definidas por el proyecto Global 200 de la Worl Wildlife Fund (Oviedo et al., 2000) destacan como el 80% de las ecorregiones poseen uno a más pueblos indígenas y que la mitad de los pobladores indígenas del mundo habitan dichas ecorregiones. Estos argumentos llevan a Toledo y Barrera- Bassols (2008) a identificar la correlación entre diversidad biológica y lingüística para diez de los nueve países en base a la información mencionada, lo que se ve en la Figura 6, y dentro de los cuales figura el Perú como centro importante de diversidad biocultural, dentro de cuya definición se integra a los centros de origen y diversidad agrícola o “hotspots” agrícolas, lo que convierte a estos centros de diversidad biocultural en escenarios prioritarios para su conservación al ser acervos in situ de agrobiodiversidad y de culturas vivas que se hayan dentro de escenarios ecogeográficos muy variados donde el manejo de recursos y ecosistemas son partes de las estrategias de vida de dichas culturas.



Las sombras negra, gris y blanca, indican alta, media y baja presencia de centros.

Figura 6. Centros de Diversidad Biocultural en el mundo, propuestos por Toledo y Barrera-Bassols (2008)

La RAFI (1999) generó un mapa sobre los “Creadores y conservadores de diversidad” el cual justamente refleja como confluyen los centros de diversidad cultural, reflejadas por la diversidad lingüística, la diversidad biológica o “hotspots” y los centros Vavilov o los centros de diversidad agrícola a los que se refieren Toledo y Barrera-Bassols

(2008), mostrando patrones similares a los propuestos por estos autores. Al igual que en Toledo y Barrera Bassols (2008) la RAFI destaca como la pérdida de la diversidad cultural o lingüística esta muy ligada a la pérdida de diversidad biológica, ya que así desaparecen los principales creadores, custodios e innovadores del conocimiento biológico y de los recursos. De igual manera, este trabajo también resalta al continente americano como centro de importancia biocultural, y en Sudamérica a la región Andina donde el Perú aparece nuevamente como un escenario importante. (Figura 7)



Figura 7. Creadores y Conservadores de Diversidad, de la RAFI (1999). Color naranja muestra los hotspots de diversidad biológica, los puntos la distribución de las lenguas a nivel mundial, y las zonas sombreadas en gris los centros de origen determinados por Vavilov (1926, 1951)

6.6.1 Procesos vigentes de domesticación en los centros de diversidad biocultural.

Como ya se mencionó previamente, el proceso de domesticación opera inicialmente en poblaciones silvestres y el escenario más extremo es la total dependencia de una especie con respecto al hombre para sobrevivir y reproducirse (Harlan, 1975). Sin embargo esto no quiere decir que la domesticación tenga un punto final. Por el contrario, la domesticación es un proceso continuo en la medida que la cultura y la tecnología cambian en el tiempo, y en la medida que las especies domesticadas se difunden a diferentes áreas geográficas y son manejadas por diferentes culturas (Casas, 2001). Al respecto Harris (1989) describe a la domesticación como una inversión continua en actividades de selección y manipulación del ambiente, donde la domesticación de paisajes bióticos y abióticos es un proceso cultural, donde el conocimiento del ser humano acerca de las consecuencias de dicha manipulación va acumulándose y haciéndose mas completo con el paso del tiempo. Este conocimiento tradicional no es estático, y normalmente es susceptible a cambio mediante procesos de aculturación y transculturación (Casas, 2001) donde la constante innovación en el manejo de recursos naturales es uno de los

principales mecanismos que le dan mayor dinamismo a los procesos de domesticación, por lo que el término evolución, y más específicamente co-evolución, sería un concepto unificador que permite comprender la fuerte interacción de los humanos y las especies domesticadas (Rindos, 1984).

Esto nos indica que es posible encontrar y documentar procesos de domesticación nuevos y vigentes, principalmente en las regiones donde se llevan a cabo constantemente procesos de manejo y uso de recursos genéticos, generalmente en aquellas regiones reconocidas como centros de diversidad biológica y cultural, donde es posible identificar procesos de domesticación de plantas aun en sus estadios incipientes, como resultado de esta continua interacción hombre-naturaleza donde los seres humanos según sus intereses y necesidades van prestando atención a nuevos recursos genéticos. Según Casas y Parra (2007) se cuenta con aproximadamente con 100 especies que son las que alimentan al mundo, más de 3000 especies de plantas domesticadas importantes a nivel regional, y un número indeterminado de plantas que se encuentran bajo procesos de manejo in situ o domesticación incipiente (Figura 8), y que es indeterminado debido a que continuamente están apareciendo sobre todo en dichos centros de diversidad biológica y cultural, por lo que en estas zonas se debe priorizar el manejo y conservación in situ de los ecosistemas y sus recursos, así como conservar y fomentar prácticas y tecnologías tradicionales realizadas por las culturas locales indígenas principalmente ya que son las manejadoras y generadoras de conocimientos relacionados a dichos recursos.

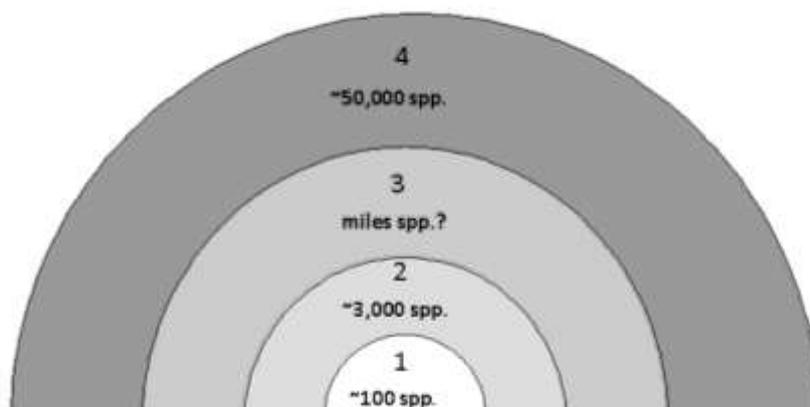


Figura 8. Recursos genéticos prioritarios a nivel mundial. 1) Principales plantas cultivadas; 2) Plantas domesticadas de importancia regional; 3) Plantas bajo manejo in situ, domesticación incipiente y 4) Plantas silvestres útiles. (Casas y Parra, 2007).

6.7 Flujo de semillas: redes de intercambio

Dentro de la amplia gama de conocimientos y prácticas tradicionales de manejo de la diversidad intraespecífica o la variabilidad genética de los cultivos, el movimiento de semillas por la mano del hombre es una de las principales prácticas que contribuye con el flujo de genes, y uno de los ejes fundamentales de la evolución de los cultivos in situ, junto con la selección artificial y el acervo de conocimientos de los agricultores (Brush, 2004), que es crucial en el mantenimiento de los centros de diversidad genética de plantas cultivadas.

Este intercambio de semillas representa “un conjunto de conocimientos, técnicas y prácticas utilizadas por los agricultores para la adquisición de semillas con la finalidad de renovar, recuperar o introducir nuevas variedades en sus chacras, de este modo incrementan y mejoran su producción.” (INIA, 2007:7)

El intercambio de semillas es parte fundamental de sistemas tradicionales particularmente importantes para los pequeños agricultores en centros de diversidad de cultivos (Almekinders et al., 1994; Bellon et al., 2011), como en Mesoamérica en el caso del maíz (Smale et al. 1999; Chambers y Brush, 2010; Bellón et al., 2011) los Andes para el caso del cultivo de papa (Zimmerer, 1991, 2003; INIA, 2007; Velásquez-Milla et al., 2011), el trigo y sorgo en Etiopía (Tsegaye y Berg, 2007; McGuire, 2008), el mijo en la India (Nagarajan y Smale, 2007).

Estos estudios demuestran que los agricultores activamente intercambian semillas entre vecinos, entre familias e incluso de lugares alejados, lo que implica el flujo de genes entre los campos de cultivos o huertas entre familias, generalmente a través de transacciones que no tienden a seguir reglas escritas (Pautasso et al., 2013) y ocurren tanto entre los hogares como en los mercados, representándose típicamente en la forma de procesos sociales basados en la verdad, pudiendo o no ser recíproco e influenciado por reglas socioculturales y prácticas locales.

El recambio entre familiares y vecinos de un mismo pueblo y de diferentes pueblos tiene un papel fundamental en la diversidad dentro de los campos de cultivo, por lo que es necesario mantener su continuidad, vía formas de obtención como redes sociales reconocidas como tales, denominadas incluso de “compadrazgo” como sucede en el caso Andino (Zimmerer, 2003). La importancia de un recurso se hace evidente en estas redes que vuelven a la huerta en un escenario clave en la red local de agrobiodiversidad (Miller et al., 2006), a la vez que a nivel regional. De esta manera el intercambio de semillas funciona en la forma de redes sociales, las cuales provocan la cohesión de espacios culturales con respecto a un recurso generando su dispersión en una comunidad debido al mantenimiento del nivel de aceptación y éxito del mismo (Aguilar-Stoen et al., 2009).

Estos procesos culturales de intercambio o movimiento de semillas promueven el flujo de genes lo cual contribuye con la diversidad genética y la distribución o estructura genética de las poblaciones bajo cultivo, como lo documentó Parra et al. (2012), para una cactácea columnar cuyo fruto es muy apreciado en la región centro Occidente de México. Este movimiento de germoplasma no sólo ocurre entre campos de cultivo, si no que también sucede que los agricultores mueven propágulos entre agroecosistemas como por ejemplo entre huertas familiares y sistemas agroforestales asociados a campos de cultivo (Parra et al., 2012) lo que resalta cómo la libertad de movimiento de semillas entre los diferentes escenarios del paisaje natural y agrícola contribuyen con la configuración de la diversidad de un cultivo específico, lo que forma a su vez parte de estrategias tradicionales de manejo múltiple de recursos naturales y ecosistemas (Casas et al., 2008; Blancas et al., 2010; Moreno-Calles et al., 2010)

6.7.1 El intercambio de semillas en la región Andina

La región andina es un ejemplo claro de un escenario biocultural donde estos procesos de intercambio de semillas son activos en la actualidad. En esta región Zimmerer (2003) documentó las redes de semillas de los cultivos de olluco y papa en el Cuzco e identificó que son procesos que suceden a diferentes escalas espaciales (Figura 9), es decir, que ocurren tanto entre agricultores, entre unidades familiares, entre comunidades e incluso entre regiones, y donde existe un rol por género en el movimiento entre familias (realizado por las mujeres dentro de la comunidad), y el movimiento a otras localidades o incluso regiones (realizado por los varones de la comunidad), por lo que pensar en conservar los procesos en áreas muy delimitadas no refleja la cultura del movimiento humano de las semillas, una práctica fundamental la conservación in situ de la agrobiodiversidad.

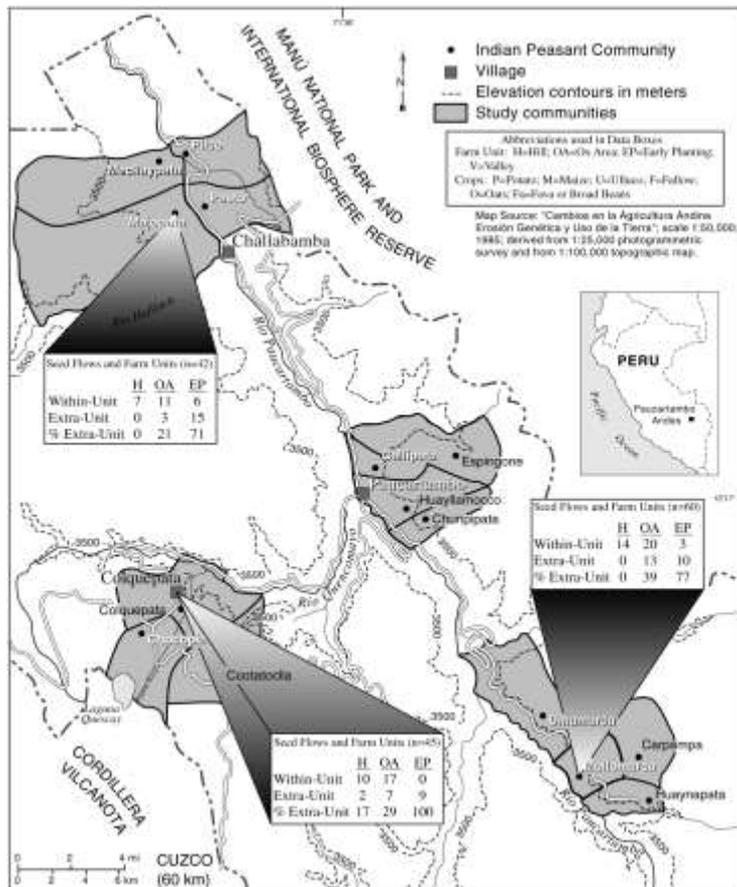


Figura 9: Área de estudio del oriente de Cuzco y flujo de semillas de papa por unidad agrícola (Zimmerer, 2003)

Como resultado del Proyecto In Situ, el INIA (2007) sistematizó la información de un estudio sobre el intercambio de semillas de cultivos nativos en diferentes regiones del Perú como San Martín y Loreto, regiones principalmente amazónicas, Cajamarca, Huanuco, Pasco, Junín, Huancavelica, Ayacucho, Cuzco y Puno, regiones andinas, y Lima e Ica en la costa, identificándose procesos de intercambio de semillas muy activos, así como rutas o caminos de semillas que históricamente siguen diferentes pobladores para poder abastecerse de semillas tanto a nivel local (dentro y entre comunidades vecinas), distrital, provincial, regional e incluso a nivel nacional (Figura 10) y que aun son utilizadas por los agricultores según el estudio realizado por el INIA (2007), institución que documento estas rutas de semillas acompañando a los agricultores durante sus recorridos.



Figura 10: Rutas de semillas de maíz y quinua en Pisac, Cusco (INIA, 2007)

Este intercambio forma parte de procesos sociales que se llevan a cabo según los requerimientos de cada agricultor o unidad familiar, por lo que las motivaciones del movimiento de semillas son muy variadas. Asimismo puede suceder tanto con regiones muy distanciadas geográficamente como entre localidades muy cercanas como ya se mencionó, pero también ocurre por periodos de tiempo definidos familiarmente, aspectos que no se conocen a profundidad y deberían documentarse para poder promover y fortalecer este flujo de genes realizado vía la mano de los agricultores tradicionales. En el Cuadro 6 se muestra un resumen de las rutas de semillas documentadas para estas regiones, como son el intercambio en ferias o mercados, y las modalidades de intercambio, que van desde el trueque, herencia, regalo, hasta la venta en mercados, lo cual varía según la región de estudio,

Cuadro 6. Principales rutas y modalidades de intercambio de semillas.

RUTAS	MODALIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Ferias • Rutas o caminos de semillas • Fiestas • Mercados locales 	<ul style="list-style-type: none"> • Trueque • Herencia • Regalo • Compra-venta • Pago por trabajo • Siembra al partir • Préstamo • Hallazgo • Robo o sustracción • Intercambio familiar

6.7.2 La importancia del intercambio de semillas en centros de origen y diversidad de plantas cultivadas.

En general, cuando el intercambio sucede entre diferentes grupos culturales o localidades distintas, resulta en una combinación rica de plantas bajo cultivo y de diversidad dentro de los cultivos (Perrault-Archambault y Coomes, 2008; Thomas y Van Damme, 2010). Por lo tanto, la diversidad en estos sistemas tradicionales es reflejo de procesos prolongados posiblemente de miles de años de tradición cultural entre pueblos de diferentes culturas y regiones geográficas (Harris, 1998) donde el flujo de semillas forma parte de una red más compleja de complejos culturales entre los cuales se produce también un intercambio de conocimientos tradicionales relacionados con el uso y manejo de las variedades intercambiadas. (INIA, 2007). De esta manera, si se interrumpe dicho flujo de plantas, las repercusiones pueden ser considerables sobre todo con respecto a la conservación *in situ* de este cultivo y de la diversidad de sus variantes (Thomas y Van Damme, 2010), es decir, en la agrobiodiversidad local

Si bien el movimiento de semillas, principalmente foráneas, y el intercambio de las mismas son prácticas comunes que contribuyen a estructurar la diversidad biológica de diferentes recursos genéticos, especialmente bajo cultivo, también representan una fuente importante de caracteres adaptativos como respuesta a los cambios ambientales (Zimmerer, 2010). Bellón et al., (2011) sugiere que entre los puntos donde se da el flujo o intercambio de semillas entre agricultores de diferentes escenarios agroecológicos, se pueden encontrar escenarios con condiciones similares a las del futuro cambio climático, principalmente en países con una amplia variabilidad de ecosistemas, lo cual serviría como un globo de ensayo para la obtención de variedades necesarias para la adaptación climática de las mismas, lo cual es crítico principalmente en cultivos de alta montaña. De esta manera la alta variabilidad genética que se puede encontrar en países considerados como centros de origen y diversidad de cultivos, sumado a la gran diversidad de paisajes, ecosistemas y de recursos genéticos, representan un laboratorio natural el cual se mantendrá en la medida que se promueva la conservación y manejo sostenible de los mismos, de manera que se mantenga en el mediano y largo plazo la variabilidad genética necesaria para hacer frente a los escenarios futuros de cambio climático, donde la agrobiodiversidad presente en los diferentes escenarios agroecológicos solo podrá ser útil proyectándose a un futuro de cambios, en la medida de que se este moviendo libre y continuamente en el espacio y el tiempo, y que sea adoptada e incorporada por los agricultores tradicionales a sus sistemas de cultivo.

6.8 Sobre los conceptos de Centro de Origen y Centro de Diversidad en las decisiones de las Conferencias de las partes de la Convención de Diversidad Biológica.

En base a una primera lectura de las Decisiones tomadas en las Conferencia de las Partes de la Convención sobre Diversidad Biológica es posible identificar que se hacen unas breves comentarios sobre los centro de origen, más no es clara la distinción entre un centro de origen de plantas cultivadas de lo que es un centro de origen de plantas silvestres. Sin embargo, hay particular atención en Decisiones como la VIII/27, en la que se recalca la importancia de apoyar en "...mejorar la prevención, rápidas respuestas e implementación de medidas de manejo frente a las amenazas..." promoviendo y sustentando las futuras necesidades de apoyo económico para apoyar a los países entre los que se prioriza a los que son centros de origen (Ver Anexo 1)

En la Decisión XI/3 que trató sobre la Supervisión de progresos en la aplicación del Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 y las Metas de Aichi para la Diversidad Biológica se "reconoce la importancia crítica que tienen para la humanidad los centros de origen y los centros de diversidad genética". Asimismo, en la Decisión IX/1 en que la COP reconoce "... la importante contribución de las comunidades indígenas y locales, incluidos los agricultores y los ganaderos, a la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica agrícola, particularmente en los centros de origen de esa diversidad biológica agrícola, el valor de sus conocimientos tradicionales y su contribución importante al logro de los tres objetivos del Convenio", siendo fundamental por el reconocimiento a los manejadores de la diversidad, quienes son los principales protagonistas de la conservación y manejo sostenible de sus recursos. Sin embargo hace falta reconocer claramente la contribución de estos actores no solo en la conservación si no también en la generación de la diversidad *in situ*, que implica que cada recurso tangible, cada variedad, es producto de conocimientos, prácticas y tecnologías locales, los cuales son necesarios a su vez para generar más diversidad.

Es en la Decisión VII/27 que trata sobre la Diversidad Biológica de Montañas que se plantea de manera mas explícita la importancia de la conservación de la diversidad genética en áreas de centro de origen de recursos genéticos donde se menciona que hay que "evaluar y desarrollar estrategias que minimicen las amenazas de erosión genética en la biodiversidad domesticada (cultivos, animales) y sus parientes silvestres, prestando atención particular a los centros de origen de los recursos genéticos" y además "Promover la implementación de actividades destinadas a mantener los niveles existentes de agrobiodiversidad prestando atención particular a los centros de origen y los bienes y servicios que estos proveen tanto para encontrar las demandas locales como para asegurar fuentes de recursos para la seguridad alimentaria". Esta sería una de las Decisiones donde se concentra la atención sobre los centros de origen pero de recursos genéticos, ampliándose el concepto de centros de origen no solo a lo cultivado o la diversidad agrícola si no también a todos los recursos genéticos en general, que abriría el concepto a escenarios mas allá de los agrícolas, sugiriéndose precisar e incorporar la importancia de los parientes silvestres y otras especies de potencial uso e importancia para comunidades indígenas o los manejadores de la diversidad. Asimismo, es muy importante recalcar que en esta Decisión se incorporan los conceptos de bienes y servicios que estas regiones brindan, lo que podría contribuir a sustentar una propuesta de conservación de agrobiodiversidad basada en el reconocimiento de la importancia de los procesos ecosistémicos, de los servicios ecosistémicos de tipo provisión y culturales, aunque hay que considerar un tratamiento especial pues el involucrar la diversidad genética en una dinámica de mercado es un tanto impredecible mas aun en el pago por servicios ecosistémicos.

7. DISCUSIÓN

Los centros de origen de cultivos representan desde el punto de vista biológico principalmente, regiones geográficas donde se encuentra, casi siempre, distribuidas naturalmente poblaciones de parientes silvestres que representan un acervo genético de potencial uso. Así es que a nivel in situ y en estos centros de origen y diversidad de cultivos, los cultivos generalmente coexisten con los parientes silvestres y/o especies arvenses, que al pertenecer a los ecosistemas que rodean a los campos de cultivo, cuentan con un acervo genético que representa un gran potencial para el mejoramiento genético en la forma de caracteres adaptados a una amplia gama de procesos naturales como variabilidad climática, plagas y enfermedades entre otros a los que los cultivos no han estado sometidos (Frankel y Bennet, 1970; Harlan, 1976; Altieri y Merrick, 1987), y que es potencialmente útil frente a escenarios climáticos extremos que se predicen por el cambio climático debido a que poseen caracteres que brindan “rusticidad” o resistencia a los cultivos.

Según la revisión realizada se reconoce la distribución de una gran diversidad de parientes silvestres de los cultivos más importantes a nivel mundial (Maxted et al., 2012) y los esfuerzos por seguir estudiándolos y conservándolos parecen en aumento como parte de iniciativas coordinadas entre diferentes instituciones a nivel mundial. Sin embargo, existe aun una diversidad de especies desconocidas que se encuentran en los diversos ecosistemas que están asociados a los campos de cultivo de especies de importancia regional y local, por lo que será importante profundizar en la investigación de estos cultivos “menores”, tomando en cuenta que serán parte o pueden formar parte de las alternativas alimenticias a considerar en las canasta alimentaria de una región, frente a posibles cambios en la producción de los principales cultivos consumidos a nivel mundial debido a los escenarios futuros de cambio climático. Sin embargo la tasa de avance de las transformaciones de los ecosistemas producto del cambio de uso de suelo esta contribuyendo con la degradación de estos ecosistemas y con eso los bienes y servicios que proveen como es la diversidad de parientes silvestre. En efecto en los últimos 8,000 años se ha perdido la mitad de la cobertura forestal a nivel mundial, o alrededor del 43%, de acuerdo con Barnosky et al. (2012) por lo que urge tomar medidas que respondan a este avance desmedido del cambio de uso de suelo de manera que se mantengan los hábitats de los parientes silvestres así como los procesos ecosistémicos que han dado lugar a dicha diversidad silvestre.

La diversidad intraespecífica o la variabilidad por cultivo también representa un acervo genético de gran potencial frente a los cambios climáticos. La amplia variabilidad que se encuentra dentro de los sistemas de cultivos tradicionales en centros de diversidad constituye en si mismo un acervo genético muy importante debido a que la diversidad genética representa un tremendo potencial evolutivo que permite que estos cultivos se adapten y sobrevivan a la incertidumbre ambiental principalmente, donde cada variedad es el reflejo de las respuestas adaptativas a su entorno natural. En efecto, los recursos genéticos cultivados incluyen diferentes tipos de germoplasma, así como a los ecosistemas que los rodean. El germoplasma para mejoramiento de cultivos se encuentra en los parientes silvestres de las plantas domesticadas, en las malezas o arvenses, las variedades nativas, otras plantas usadas para cruza y los cultivares modernos (Brush, 1998), donde los tres primeros tipos son los que directamente brindan caracteres para el mejoramiento genético, es decir, para obtener las últimas dos (Brush, 1998; Zimmerer, 2010), por lo que estas representan adaptaciones potenciales agrícola útiles frente al cambio climático (Zimmerer, 2010). Por lo tanto es fundamental el reconocimiento de los centros de diversidad genética de plantas cultivadas por su alto potencial en el futuro fitomejoramiento genético tanto in situ como ex situ.

Y son los escenarios de conservación local o la denominada *conservación in situ*, que deben ser considerados como espacios donde se brinda un “servicio evolutivo” (Bellon y van Etten, 2013) ya que forman parte de lo que Faith et al (2010) define como usos o servicios a lo humanos que son producidos por el procesos evolutivo, que incluye nuevos usos resultado del conocimiento actual pero también de lo que aun no se conoce de la biodiversidad. Estos usos desconocidos son parte de lo que los economistas llaman valor de oportunidad que tiene que ver con la idea de mantener diversidad mantiene las opciones dar beneficios frente a un futuro incierto para la biodiversidad (Faith et al., 2010). En efecto Mercer y Perales (2010) mencionan en el caso de las variedades nativas del cultivo de maíz en las tierras altas de México, que si bien estas nos presentan actualmente la plasticidad fenotípica necesaria para responder y mantener la productividad en un escenario de cambio climático, se espera que la evolución de estas variedades lleve a formas que si podrán hacer frente a dichos escenarios. Por lo tanto es fundamental promover la conservación in situ, los procesos tanto naturales como humanos que contribuyen con la conservación y generación continua y libre de diversidad, que de hecho son procesos que se encuentran típicamente en centros de origen de plantas cultivadas y centros de diversidad genética.

Una de las prácticas principales y esenciales para el mantenimiento de esta diversidad es el libre y continuo movimiento de germoplasma, semillas o propágulos de los diferentes cultivos tanto entre unidades familiares de una misma localidad, entre localidades e incluso entre regiones distantes, esto último de vital importancia. Bellón et al., (2011), muestra el caso de un cultivo bandera de un centro de origen, el maíz mexicano, cuyas variedades nativas poseen una gran diversidad y adaptabilidad climática, y provienen de una amplia diversidad de ecosistemas con condiciones climáticas que pueden ser análogos a las que se esperan en los escenarios futuros de cambio climático. Estos autores mencionan que lo encontrado en el caso mexicano puede servir como referencia y tener importancia a nivel mundial en la medida que los sistemas de semillas se verán afectados por el futuro climático, donde el mantenimiento de estas redes contribuirá al proceso de adaptación de los cultivos debido a que se podría obtener germoplasma provenientes de condiciones parecidas a las que se esperan en el futuro, que solo mediante el movimiento libre y continuo por la mano del hombre podrá ser incorporado a los sistemas de cultivo *in situ*, pero a lo cual hay que sumar esfuerzos para proveer a los manejadores de germoplasma que pueda adaptarse. Bellón et al., (2011: 5) propone que: “En la práctica, el alcance geográfico de las redes de semillas de los agricultores podría ampliarse a través de visitas de intercambio; los vínculos entre grupos de agricultores en diferentes lugares; fomentar el intercambio de germoplasma, el conocimiento y las prácticas entre los diferentes lugares; y fomentar entre comunidades la experimentación con variedades de cultivos locales e introducidas.”

Pero todo lo mencionado previamente no tendrá mucho sentido si es que no se reconoce la importancia de los manejadores de la diversidad genética de estos cultivos. El manejo humano vía la selección artificial y la diversidad de criterios que guían esta selección artificial es fundamental en la generación y conservación de la agrobiodiversidad (Casas y Parra, 2007), procesos básicos que rigen la domesticación y que se encuentran ampliamente en los centros de origen y diversificación de plantas cultivadas. En efecto el futuro de los recursos genéticos cultivados conservados en chacra dependerá de las respuestas no sólo de las variedades nativas en sí, sino también de los agricultores que las siembran frente a las condiciones novedosas que el cambio climático traerá (Mercer y Perales, 2010). El conocimiento tradicional no es estático, y normalmente es susceptible a cambio mediante procesos de aculturación y transculturación donde la constante innovación en el manejo de recursos naturales es uno de los principales mecanismos que le dan mayor dinamismo a los procesos de domesticación (Casas, 2001), por lo que es fundamental fomentar la continuidad en la interacción y la creación de los vínculos entre los pobladores que manejan la

diversidad y el entorno natural en el cual se encuentran que permiten esa continua innovación, apropiación y generación de conocimientos que están detrás del patrimonio biocultural resultante de la interacción entre los humanos y la naturaleza como son los animales y plantas domesticados, semi-domesticados, agroecosistemas, plantas medicinales, conocimientos, rituales y formas simbólicas de apropiación de los territorios (Boege, 2010), especialmente importante en los centros de diversidad biocultural (Toledo y Barrera-Bassols, 2008) que generalmente coinciden con los centros de origen y diversificación de plantas cultivadas.

Por otro lado, la conservación de la diversidad genética en la forma de variedades por cultivo y de los agroecosistemas que la albergan no puede realizarse únicamente bajo la forma convencional de áreas naturales protegidas que delimitan con precisión un territorio definido en regiones centros de origen y de diversidad, en base a que estamos hablando de agroecosistemas que son sistemas complejos, abiertos, dinámicos y que evolucionan en el tiempo. Debido a esto es altamente recomendable plantear estrategias de conservación de áreas de agrobiodiversidad en la forma propuesta por Perfecto y Vandermeer (2008) los cuales consideran fomentar un nuevo paradigma de conservación que incorpore la aproximación del paisaje donde la organización de los pequeños agricultores tradicionales será fundamental en la creación de una matriz de paisajes en la cual se intercalan las áreas de sistemas de cultivo bajo producción agroecológica, ampliamente representadas en los sistemas tradicionales de cultivos encontrados en los centros de origen y diversidad de plantas cultivadas, con ecosistemas naturales que se han visto afectados por procesos de transformación, de manera que los sistemas de cultivo hacen de puente entre parches de vegetación, cumpliendo la función de corredores biológicos, o “archipiélagos de conservación” como los denomina Halffter (2005) dentro de un ensamble paisajístico natural-cultural (Boege, 2010)

Por lo tanto es necesario pensar a nivel de paisaje donde los agroecosistemas podrían cumplir también un papel como corredor biológico en la matriz del paisaje agrícola integrándolo con las poblaciones silvestres en el sentido que facilitan la migración entre parches como parte de un sistema “amigable” con la diversidad (Perfecto y Vandermeer, 2008) donde los agroecosistemas que son parte de una matriz que puede mantener diversidad a la vez que facilitar el movimiento de organismos entre parches de vegetación (Perfecto y Vandermeer, 2008). Por lo tanto al plantear estrategias de manejo de esta y otras especies bajo esta aproximación se debería considerar el paisaje como un continuo que incluye el bosque o poblaciones silvestres, los huertos y los sistemas agroforestales (Moreno-Calles *et al.*, 2010) de manera que se conserven las poblaciones silvestres y los procesos tanto naturales como artificiales, tales como la selección y flujo génico, esto último en la forma de movimiento de semillas vía la mano del hombre, todos aspectos clave para la conservación de recursos genéticos y en la conexión de microcentros de diversidad genética de diferentes cultivos distribuidos en amplios o incluso reducidas extensiones geográficas (Harlan, 1976), o de particular importancia para regiones que pueden poseer incluso varios centros de origen de domesticación de cultivos que coincide con Harlan (1971) en su propuesta de “no centros”, por tratarse de amplias extensiones de territorio donde se distribuyen los parientes silvestres de plantas cultivadas y donde es difícil hablar de un único centro de origen de domesticación.

Finalmente, si bien el concepto de centro de origen de plantas cultivadas ha ido evolucionando en el tiempo y ha sido trabajado por diferentes autores desde De Candolle, existe un consenso en el reconocimiento del continente americano como un centro de origen de domesticación de importancia mundial, identificándose a la región Andina y con especial énfasis el Perú como país de importancia por ser centro de origen de plantas cultivadas a partir del cual ocurrieron procesos de diversificación de diferentes cultivos. Vavilov (1926, 1951) y Harlan (1971) reconocen la región Andina Centrales como centro de origen de diversos cultivos, región donde está incluido el Perú. Si bien Harlan considera a la región Andina como un “no centro” por la amplia

distribución de los parientes silvestres de los diferentes cultivos que aquí se encuentran, los Andes centrales son considerados como un centro independiente de origen de plantas cultivadas, con la salvedad de que es posible encontrar múltiples centros de domesticación. Hawkes (1983) reafirma explícitamente al Perú como un centro nuclear o de origen de la agricultura, específicamente la región Centro y Sur del país, y también se encuentra identificado como centro independiente de domesticación por Gepts (2001) y Doebley (2006).

Asimismo el Perú es identificado como una región que posee una alta riqueza de parientes silvestres de diferentes cultivos, según el Crop Wild Relatives and Climate Change (2013) cuyos mapas de distribución de la riqueza de dichas especies silvestres identifican alrededor de decenas de taxas diferentes de parientes silvestres de múltiples cultivos sobre el territorio peruano. Sumado a esto, el país es una región con múltiples centros de diversidad de plantas domesticadas, es decir, áreas donde es posible encontrar una gran cantidad de variantes por cultivo sobre todo bajo sistemas tradicionales de manejo. Finalmente, el Perú ha sido reconocido por Toledo y Barrera-Bassols (2008) como un país centro de Diversidad Biocultural de importancia mundial, junto con otros 9 países. En resumen, todo esto brinda los argumentos para poder tratar al escenario nacional como un espacio prioritario donde establecer una agenda de investigación sobre los temas aquí mencionados, y a partir de lo cual plantear estrategias de gestión y conservación de los recursos genéticos y de los procesos bioculturales que contribuyeron y contribuyen en la generación y mantenimiento de la diversidad de estos recursos genéticos nativos de importancia tanto local, regional así como mundial.

8. CONCLUSIONES

- Identificar los centros de origen de plantas cultivadas es un tema complejo debido a que **se necesitan múltiples evidencias** tales como: análisis de botánicos de especímenes vivos, estudios de genética, citogenética, taxonomía numérica, morfología, ecología, geografía, tanto de los cultivos como de sus parientes silvestres, además de evidencias de tipo arqueológicas, como arqueobotánicas, palinología, o seguimiento del carbono¹⁴, y también se necesitan realizar estudios etnográficos tanto actuales (evidencias lingüísticas, tradiciones orales, prácticas de manejo de recursos, religiosas, etc) como de reconstrucción del pasado (historia, arte, restos arqueológicos).
- Los centros de origen de plantas cultivadas y más específicamente los centros identificados por Vavilov, generalmente coinciden con la intersección de los **centros de diversidad biológica y centros de diversidad cultural**, lo que puede contribuir en la búsqueda de centros de origen aun desconocidos. Asimismo, uno de los indicios mas tangibles de la ubicación de un posible centro de origen de plantas cultivadas es el identificar poblaciones de parientes silvestres.
- En los sitios considerados como centros de origen, las poblaciones de **parientes silvestres** representan fuentes de genes útiles actualmente y útiles potencialmente para el fitomejoramiento de la especie cultivada en futuros escenarios no sólo de cambio climático, si no también de cambio global.
- En contraparte a la dificultad de poder confirmar la existencia de un centro de origen de plantas cultivadas, el identificar **centros de diversidad genética** de plantas cultivadas es más viable ya que es posible identificarlos mediante la investigación de los patrones de distribución espacial de la diversidad de sus caracteres fenotípicos y genotípicos en las poblaciones actuales de las especies de interés. Son estos centros de diversidad genética a los que se deberían orientar esfuerzos para replicarlos y conservarlos.

- Al identificar centros de diversidad genética de plantas cultivadas es importante reconocer que esta diversidad es resultado de **procesos bioculturales** que iniciaron en regiones geográficas delimitadas o amplias, que son los denominados centros de origen de plantas cultivadas o de domesticación, a partir de los cuales se expandieron a otras o dependiendo del grado de aislamiento inicial, se diversificaron rápidamente en el mismo lugar de origen. De esta manera, es necesario reconocer que tanto los centros de origen histórico de plantas cultivadas así como los centros de diversidad genética representan siglos de historia humana de uso de diversos recursos genéticos, y por lo tanto de que no se trata únicamente de espacios geográficos o de ecosistemas naturales, sino también de **espacios socioculturales**, de cuya interacción surgieron o pueden aún surgir plantas cultivadas de importancia tanto local y regional como mundial.
- Los recursos genéticos manejados y/o domesticados, así como los conocimientos asociados, rituales y formas de apropiación y manejo del territorio son parte del **patrimonio biocultural** de las culturas tradicionales que han resultado del estrecho vínculo e identidad surgida de su relación ancestral y continua con sus ambientes naturales, por lo cual es fundamental poder estudiar y comprender los procesos subyacentes a la conservación y generación de la agrobiodiversidad en los centros de diversidad genética de cultivos nativos si se quiere promover su continuidad.
- Es fundamental reconocer que en los centros de origen y de diversidad genética la **agricultura tradicional** y a la **conservación *in situ*** son las causantes de la diversificación de los cultivos. En esta agricultura tradicional la selección artificial vía la mano del hombre es el principal factor involucrado en la generación de diversidad dentro de los cultivos nativos en países centro de origen y de diversidad de plantas cultivadas, por lo que mantener la continuidad de estos procesos *in situ* contribuirá al mantenimiento y a la generación de mayor variabilidad genética
- El papel del agricultor tradicional mediante la **selección artificial** en la generación y mantenimiento de la diversidad en centros de diversidad de plantas cultivadas no puede separarse del **entorno natural** en el que se encuentran, por lo que es fundamental considerar priorizar la conservación y manejo sostenible de los ecosistemas naturales y los parientes silvestres de los cultivos nativos en los países centros de origen y diversidad de plantas cultivadas como parte fundamental del paisaje agrícola tradicional
- Los centros de diversidad genética de cultivos son fuente de una alta diversidad de variedades las cuales serán fundamentales en **los procesos de adaptación de los sistemas de cultivo** a los escenarios futuros de cambio climático ya visibles. La diversidad de ecosistemas donde se hallan dichos cultivos y variedades pueden asemejar las condiciones futuras a enfrentar en los escenarios de cambio climático y en consecuencia, en estos escenarios se contaría con variedades de cultivos ya adaptadas a dichas condiciones y por lo tanto se contaría con diferentes opciones de respuesta frente a escenarios futuros de cambio climático, plagas, transformaciones sociales, entre otros.
- Los centros de diversidad genética de cultivos no son espacios geográficos cerrados, por el contrario. Son parte de una trama de conexiones resultantes del **intercambio de semillas o germoplasma** entre centros, lo que representa una de las prácticas principales y fundamentales en los procesos de adaptación de los sistemas de cultivo a los escenarios futuros de cambio climático ya visibles, en la medida que permiten el movimiento de variedades y su adaptación a nuevos ecosistemas y escenarios socio-ecológicos.
- Es fundamental reconocer la domesticación de plantas como **procesos vigentes**, vivos y que pueden ser documentados en centros de diversidad

biocultural, que generalmente coinciden con los centros de origen y diversidad de plantas cultivadas. La domesticación no sólo está ocurriendo con los cultivos existentes y conocidos, si no también en especies que recién se encuentran bajo procesos incipientes o iniciales de domesticación pero que pueden ser recursos genéticos de importancia en el futuro.

- **El Perú** es uno de los países directamente indicados como un centro de origen de plantas cultivadas de importancia mundial, al formar parte de uno de los centros independientes de origen de domesticación de plantas como es el de los Andes Centrales en Sudamérica. Se reconoce específicamente las regiones Centro y Sur del país como centros importantes de origen de plantas cultivadas de especies con evidencias para el género *Cucurbita*, *Phaseolus vulgaris*, *Phaseolus lunatus*, *Solanum spp.*, *Amaranthus caudatus* entre otros, y hacia el noroeste del país a *Gossypium barbadense*. Sin embargo es necesario ampliar y profundizar en investigación que contribuya para determinar contundentemente cuales son las áreas de origen de estos y otros cultivos nativos, mediante esfuerzos de integración de las diversas disciplinas de las ciencias naturales y las ciencias sociales como se describe en este documento.
- La definición de “**no centro**” de origen propuesta por Harlan se ajusta a las condiciones del territorio peruano, como parte de la región Andes centrales, debido a que en el país se distribuye una amplia diversidad de parientes silvestres de diversos cultivos nativos, por lo que se debe considerar la posibilidad de que existan múltiples centros de origen de diversas especies cultivadas mas que un único centro por especie, además de ser una región donde es posible encontrar múltiples centros de diversidad genética de diferentes cultivos nativos.

9. RECOMENDACIONES

En base a la información sistematizada, se plantean las siguientes recomendaciones

- Proponer al Perú como un centro de origen y diversificación de plantas silvestres y cultivadas con base en la información de los diferentes autores que han reconocido en sus estudios y a lo largo de los años al Perú dentro de América como una región de gran importancia a nivel mundial por ser escenario del origen de procesos de domesticación de plantas tanto de importancia local, regional como mundial, así como de gran diversificación intraespecífica de los diversos cultivos nativos distribuidos a nivel nacional.
- Intensificar esfuerzos en el reconocimiento y estudio de la distribución de los parientes silvestres de las plantas cultivadas nativas por ser de vital importancia como fuente de genes y por presentar caracteres de potencial uso para el mejoramiento de plantas cultivadas ahora en escenarios cada vez más cercanos de incertidumbre ambiental producto del cambio climático.
- Es necesario promover investigación que busque identificar como esta estructurada y como se distribuye la diversidad genética de los diferentes cultivos nativos en el territorio nacional, así como estudiar cuales son los procesos bioculturales subyacentes que habrían originado y que continúan generando dicha diversidad genética.
- Reconocer la importancia del Perú como un centro de importancia Biocultural y en base a lo planteado por Toledo y Barrera-Bassols representando de esta manera un gran escenario donde se están produciendo de manera continua conocimientos, saberes y prácticas asociadas al manejo, uso y conservación de diferentes recursos vegetales, resultado de la continua y estrecha relación de las culturas con sus ambientes naturales que dan lugar a la identificación de recursos genéticos vegetales que pueden trascender en importancia y escalas

espaciales de uso, y donde es posible identificar procesos vigentes de domesticación inicial o incipiente de diversas plantas.

- Considerar el territorio nacional en su conjunto como el escenario grande donde es posible encontrar múltiples escenarios de origen de la domesticación de plantas cultivadas y múltiples centros de diversidad genética de dichos cultivos, y donde se están llevando a cabo procesos continuos de diversificación de las mismas, siendo fundamental mantener y promover su conectividad espacial para conservar e incrementar la diversidad *in situ*, por lo que recomienda promover el fortalecimiento de las redes o rutas de semillas y el establecimiento de alternativas como ferias locales y/o regionales que sirvan tanto como espacios de reconocimiento a los agricultores conservacionistas como para fomentar el intercambio entre agricultores de diferentes localidades e incluso regiones. Este movimiento de semillas entre diferentes localidades o regiones será fundamental como estrategia del manejo de germoplasma en vista de que a mayor movimiento de semillas mayor probabilidad de obtener germoplasma de un mayor número de localidades que actualmente cuenten con condiciones climáticas similares a los escenarios futuros de cambio climático que ya se proyectan, y que pueden ser incorporadas a los sistemas de cultivos para su adaptación.
- Establecer una red de contacto de países centros de origen para la construcción de estrategias conjuntas de planeamiento de manejo, conservación y acceso a los recursos genéticos vegetales así como de respaldo a los agricultores conservacionistas quienes son los principales protagonistas en la generación *in situ* de agrobiodiversidad y de la conservación de la misma.
- Resaltar la importancia de los agricultores conservacionistas y a la pequeña agricultura tradicional en países centros de origen y diversificación de plantas cultivadas como la fuente de conocimientos, tecnologías y prácticas de manejo y conservación de agrobiodiversidad *in situ*, quienes son parte fundamental del denominado “servicio evolutivo” que no puede ser replicado en sistemas de conservación *ex situ*, y que es crucial para mantener vivos los procesos de generación de diversidad que a futuro pueden brindar múltiples opciones, en la forma de variedades, de donde escoger para hacer frente a los escenarios de cambio climático.
- Es necesario promover la conservación *in situ* de la agrobiodiversidad, donde el mantenimiento de los procesos vigentes de domesticación en la forma de selección artificial a la que están sometidos continuamente los cultivos por parte de los agricultores tradicionales, y que produce una alta diversidad intraespecífica, procesos particularmente importantes en regiones centros de origen y de diversidad de plantas cultivadas, donde la interacción de las culturas con su ambiente natural es fundamental para la continua replicación y mejora en la práctica del manejo de la agrobiodiversidad. Por lo tanto es importante estudiar e identificar los elementos principales, entre los que se encuentran los agricultores, las chacras, los hábitats naturales de los parientes silvestres, los parientes silvestres así como los procesos que se llevan a cabo en estos espacios como son el manejo de la chacra y de la agrobiodiversidad, el movimiento espacial de semillas que representa flujo de genes, el moviendo de parientes silvestres hacia la chacra o de cultivos fuera de la chacra, así como las medidas de respuesta y adaptación de los sistemas agrícolas y de los manejadores de dichos sistemas frente a los cambios climáticos a los que están siendo sometidos.
- Es fundamental reconocer el libre y soberano acceso y uso de los agricultores conservacionistas tradicionales a sus semillas y a sus medios de producción, tanto en regiones centros de origen como en centros de diversidad de plantas cultivadas, siendo necesario y mostrar el más profundo respeto a sus formas

de vida, usos y costumbres, decisiones y acervos tanto genéticos (léase diversidad de cultivos y de variedades) y culturales (léase prácticas, conocimientos, tecnologías tradicionales) lo cual en su conjunto e interacción ha brindado al país y al mundo una parte importante de la diversidad de cultivos que conocemos.

- Se recomienda realizar una sistematización específicamente de la información actualizada sobre evidencias que lleven a argumentar la identificación de posibles centros de origen de plantas cultivadas nativas del Perú así como centros de diversidad genética de estas especies y sus parientes silvestres.
- Se recomienda ampliamente reunir a los expertos en agrobiodiversidad, agroecología, conservación *in situ* de recursos genéticos, estudiosos de los procesos de domesticación y diversificación bajo manejo humano, etnobiólogos y especialistas para discutir los conceptos aquí presentados para evaluar la forma de abordar el tema y reforzar el marco conceptual aquí presentado con la experiencia de trabajo en el territorio nacional, para también generar una agenda de investigación consensuada sobre centros de origen y diversidad genética de plantas cultivadas y sus parientes silvestres.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilar-Stoen, M., Moe, S.R., Camargo-Ricalde, S.L. 2009. Home Gardens Sustain Crop Diversity and Improve Farm Resilience in Candelaria Loxicha, Oaxaca, Mexico. *Human Ecology* (2009) 37:55–77
2. Allaby, R., Peterson, G., Merriwether, D. and Fu, Y. 2005. Evidence of the domestication history of flax (*Linum usitatissimum* L.) from genetic diversity of the *sad2* locus. *Theoretical and Applied Genetics* 112: 58-65.
3. Almekinders C, Louwaars N, de Bruijn GH. 1994 Local seed systems and their importance for an improved seed supply in developing countries. *Euphytica* 78:207–216.
4. Altieri, M.A. y L.C. Merrick. 1987. *In situ* conservation of Crop genetic resources through maintenance of traditional farming systems. *Economic Botany* 41:86–96
5. Arias-Cóyotl E, Stoner K, Casas, A. 2006. Effectiveness of bats as pollinators of *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) in wild, managed in situ, and cultivated populations in La Mixteca Baja, central Mexico. *American Journal of Botany* 93:1675-1683.
6. Avendaño, A., Casas, A., Dávila, P. y Lira, R. 2009. *In situ* Management and Patterns of Morphological Variation of *Ceiba aesculifolia* subsp. *parvifolia* (Bombacaceae) in the Tehuacán-Cuicatlán Valley. *Economic Botany* 63(2): 138-151.
7. Badr, A., Muller, K., Schafer-Pregl, R., El Rabey, H., Effgen, S., Ibrahim, H., Pozzi, C., Rohde, W. and Salamini, F. 2000. *Molecular Biology and Evolution* 17(4): 499-510.
8. Barnosky, A. D., Hadly, E. A., Bascompte, J., Berlow, E. L., Brown, J. H., Fortelius, M., ... & Smith, A. B. 2012. Approaching a state shift in Earth's biosphere. *Nature*, 486(7401), 52-58.
9. Bautista, A., F. Parra Rondinel y F.J. Espinosa-García. 2012. Efectos de la domesticación de plantas en la diversidad fotoquímica, 253-267. En: J.C. Rojas y E.A. Malo (Eds.). *Temas selectos en Ecología Química de Insectos*. El Colegio de la Frontera Sur. México. 446 p.
10. Bellón, M. y S.B Brush. 1994. Keepers of maize in Chiapas, Mexico. *Economic Botany* 48(2): 196–209.
11. Bellón, M., Hodson, D. and Hellin, J. 2011 Assessing the vulnerability of traditional maize seed systems in Mexico to climate change. *PNAS* 108 (33): 13432–13437
12. Bellon, M. y Van Etten, J. 2014. Climate change and On Farm Conservation of Crop Land Races in Centres of Diversity. En Michael Jackson, Brian Ford-Lloyd, Martin Parry (Eds). : *Plant Genetic Resources and Climate Change*. CABI International.

13. Besnard, G. and Berville, A. 2000. Multiple origins for Mediterranean olive (*Olea europaea* L. ssp. *europaea*) based upon mitochondrial DNA polymorphisms. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences Series III* 323: 173-181.
14. Besnard, G., Khadari, B., Baradat, P., Bervillé, A. 2002. *Olea europaea* (Oleaceae) phylogeography based on chloroplast DNA polymorphism. *Theoretical and Applied Genetics* (2002) 104:1353–1361
15. Blancas, J., 2007. Manejo tradicional y variación morfológica de *Myrtillocactus schenckii* (JA Purpus) Britton & Rose en el Valle de Tehuacán, Puebla. México. Tesis para obtener el grado de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México.
16. Blancas J., A. Casas, S. Rangel-Landa, A. Moreno- Calles, I. Torres, E. Pérez-Negrón, L. Solís, A. Delgado- Lemus , F. Parra, Y. Arellanes, J. Caballero, L. Cortés y R. Lira. 2010. Plant Management in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico. *Economic Botany* 64 (4):287-302
17. Boege E. 2008. El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México: Hacia la conservación *in situ* de la biodiversidad y agrobiodiversidad de los territorios indígenas. México: INAH.
18. Boster, J.S. 1985. Selection for perceptual distinctiveness: evidence from Aguaruna cultivars of *Manihot esculenta*. *Economic Botany* 39: 310–325.
19. Brack A. 2003. Perú-Diez Mil Años de Domesticación Lima: PNUD
20. Brack A, Bravo F. 2006. Peru-Millenary Legacy Lima: Universidad San Martín de Porres
21. Brush, S. B., J. E. Taylor and M. Bellon. 1992. Biological Diversity and Technology Adoption in Andean Potato Agriculture. *Journal of Development Economics*. 39:365-387.
22. Brush, S. B. 1995. In situ conservation of landraces in centers of crop diversity. *Crop Science* 35:346–354.
23. Brush SB. 2004. *Farmers' Bounty: Locating crop diversity in the contemporary World* New Haven: Yale University Press;
24. Brubaker, C. and Wendel, J. 1994. Reevaluating the origin of domesticated cotton (*Gossypium hirsutum*; Malvaceae) using nuclear restriction fragment length polymorphisms (RFLPs). *American Journal of Botany* 81(10): 1309-1326.
25. Callen, E. 1967. Analysis of the Tehuacán coprolites. In: Byers D.S. (ed.), *The Prehistory of the Tehuacán Valley. Volume One: Environment and Subsistence*. Austin: University of Texas Press. Pp 261-289
26. Casas, A., Vásquez, M.C., Viveros, J.L. y Caballero, J. 1996. Plant Management among the Nahua and the Mixtec in the Balsas River Basin, Mexico: AN ethnobotanical approach to the estudy of plant domestication. *Human Ecology* 24: 455-478.

27. Casas, A., Caballero, J., Mapes, C. y Zarate, S. 1997a. Manejo de la vegetación, domesticación de plantas y origen de la agricultura en Mesoamérica. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 61: 31-47.
28. Casas A, Pickersgill B, Caballero J, Valiente-Banuet A. 1997b. Ethnobotany and domestication in xoconochtlí, *Stenocereus stellatus* (Cactaceae), in the Tehuacán Valley and la Mixteca. Baja, México. *Economic Botany* 51: 279-292.
29. Casas, A., Valiente-Banuet, A., Rojas-Martínez, A. y Dávila, P. 1999. Reproductive biology and the process of domestication of the columnar cactus *Stenocereus stellatus* in Central Mexico. *American Journal of Botany* 86(4): 534-542
30. Casas, A. 2001. Silvicultura y domesticación de plantas en Mesoamérica. En: B. Rendón, S. Rebollar, J. Caballero y M.A. Martínez, (Eds.). *Plantas, cultura y sociedad estudio sobre la relación entre seres humanos y plantas en los albores del siglo XXI*. UAM Iztapalapa, Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México.
31. Casas A, Parra F. 2007. Agrobiodiversidad, parientes silvestres y cultura. *LEISA Revista de Agroecología* Septiembre 2007.
32. Chacón, M., Pickersgill, B. y Debouck, D. 2005. Domestication patterns in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and de origin of the Mesoamerican and Andean cultivated races. *Theoretical and Applied Genetics* 110: 432-444
33. Clement, Ch. 1999. 1492 and the loss of Amazonian crop genetic resources. I. The relation between domestication and human population decline. *Economic Botany* 53(2): 188-202.
34. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad CONABIO. 2011. Documento de trabajo del Taller "Marco conceptual de los centros de origen mesoamericanos" 19 y 20 de septiembre de 2011. Jardín Botánico de la Universidad Nacional Autónoma de México.
35. Contento, ., Ceccarelli, M., Gelati, M., Maggini, F., Baldoni, L., Cionini, P. 2002. Diversity of *Olea* genotypes and the origin of cultivated olives *Theoretical and Applied Genetics* 104: 1229-1238.
36. Crop Wild Relatives and Climate Change (2013) Online resource. Accessed on 12-06-2014. www.cwrdiversity.org
37. Coomes O, Ban N: Cultivated plant species diversity in home gardens of an amazonian peasant village in Northeastern Perú. *Econ Bot* 2004, 58(3):420–434.
38. Darwin, C. 1859. *The origins of species by means in natural selection or the preservation of favoured races in the struggle for life*. Londres. Inglaterra
39. De Candolle, A., 1882. *Origine des flantes Cultive'es*. Paris: Germer Bailliere.
40. De Wet, J y Harlan, J.1975. Weeds and domesticates: Evolution on the Man-Made Habitat *Economic Botany*.29: 99-107

41. Diamond, J. 2002. Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. *Nature* 418: 700-707
42. Doebley, J., 1992. Molecular systematics and crop evolution. In: Soltis, P.S., Soltis, D., Doyle, J.J. (Eds.), *Molecular Systematics of Plants*. Chapman & Hall, London, pp. 202–222
43. Doebley, J., B. Gaut y B. Smith. 2006. The Molecular Genetics of Crop Domestication. *Cell*: 1309-1321.
44. Ellstrand, N. 2003. *Dangerous liaisons? : when cultivated plants mate with their wild relatives*. Baltimore : Johns Hopkins University Press
45. Faith, D. P., Magallón, S., Hendry, A. P., Conti, E., Yahara, T., & Donoghue, M. J. (2010). Ecosystem services: an evolutionary perspective on the links between biodiversity and human well-being. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2(1), 66-74.
46. Fu, Y.B. (2005) Geographic patterns of RAPD variation in cultivated flax. *Crop Science* 45:1084–1091.
47. Gao, L. and Innan, H. 2008. Nonindependent Domestication of the Two Rice Subspecies, *Oryza sativa* ssp.*indica* and ssp. *japonica*, Demonstrated by Multilocus Microsatellites *Genetics* 179: 965-976.
48. Gepts, P. 2001. Origins of plant agriculture and major crop plants. p. 629-637. In: M. Tolba (ed.), *Our fragile world: Challenges and opportunities for sustainable development*. EOLSS Publishers, Oxford, UK.
49. Gepts, P. 2004. Crop Domestication as a Long-term Selection Experiment. *Plant Breeding Reviews, Volume 24, Part 2*, Edited by Jules Janick. John Wiley & Sons, Inc
50. Gepts P. 2006. Plant genetic resources conservation and utilization: the accomplishments and future of a societal insurance policy. *Crop Science* 46:2278–2292
51. Gonzales-Insuasti, M. y J. Caballero. 2007. Managing plant resources: How intensive can it be? *Human Ecology* 35: 303-314.
52. Gonzalez-Soberanis, C. y A. Casas. 2004. Traditional Management and domestication of tempequistle, *Sideroxylon palmeri* (Sapotaceae) in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Central México. *Journal of AridEnviroments* 59: 245-258.
53. Goodman, M. M. y R. McK. Bird. 1977. The races of maize IV: Tentative grouping of 219 Latin American races. *Economic Botany* 31:204- 221
54. Grassi, F., Labra, M., Imazio, S., Ocete, R., Failla, O., Scienza, A. y Sala, F. 2006. Phylogeographical structure and conservation genetics of wild grapevine. *Conservation Genetics* 7:837–845.
55. Gross, B. y K. Olsen. 2010. Genetic perspectives on crop domestication. *Trends in Plant Science* 15: 529–537

56. Halffter, G. 2005. Towards a culture of biodiversity conservation. *Acta Zoologica Mexicana* 21 (2); 133-153.
57. Harlan, J. 1956. Distribution and utilization of natural variability in cultivated plants. In: *Genetics Plants Breeding*. Brookhaven Symp. Biol. 9: 191-206
58. Harlan, J. 1961. Geographic origin of plant useful to agriculture. In *Germ Plasm Resources*. Publs. Am. Ass. Advmt. Sci. 66 3-19
59. Harlan, J. 1971. Agricultural origin: Centers and No centers. *Science* 174: 468-474.
60. Harlan J. 1975. *Crops and man*. Madison. Wisconsin: Foundation for modern crop science series. American Society of Agronomy.
61. Harris, D. 1989. An evolutionary continuum of people-plant interaction. En: *Foraging and Farming. The evolution of Plant Exploitation*. Eds: D.R.Harris y G.C.Hillman. Unwin Hyman Ltd.London
62. Harris , D. R. y Hillman. , G. C. (Eds), 1989. *Foraging and Farming: the Buolution of Plant Exploitation*.London: Unwin Hyman
63. Harris, D.R. 1990. Vavilov's concept of centres of origin of cultivated plants: its genesis and its influence on the study of agricultural origins. *Biological journal of the Linnean Society*, 39: 7- 16
64. Hawkes, J.G. 1983. *The diversity of crop plants*. Londres, Harvard University Press
65. Heywood V, Casas A, Ford-Lloyd B, Kell S, Maxted N. 2007. Conservation and sustainable use of crop wild relatives. *Agriclutl Ecosys Environ* 2007, 121:245–255.
66. Hoyt, E. 1988. *Conserving the wild relatives of crops*. IBPGR-IUCN-WWF. Rome. Italy.
67. Hughes, C., Govindarajulu, R., Robertson, A., Filer, D., Harris, S. y Bailey, D. Serendipitous backyard hybridization and the origin of crops. *PNAS*. 104:14389-14394.
68. Hunter, D and Heywood, V. 2013. *Crop Wild Relatives - A Manual of in situ Conservation*. Bioversity International.
69. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIA). 2007. *Mecanismos tradicionales de intercambio de semillas*. Lima.
70. Jarvis DI, Hodgkin T. 1999. Wild relatives and crop cultivars: detecting natural introgression and farmer selection of new genetic combinations in agroecosystems. *Molecular Ecology*. 8:S159–73
71. Jarvis D, Brown H, Hung-Cuong P, et al. 2008. A global perspective of the richness and evenness of traditional crop-variety diversity maintained by farming communities. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 105: 5326–5331.
72. Kato, T. , Mapes, C., Mera, L.M., Serratos, J.A., Bye, E.A. 2009.. *Origen y Diversificación del Maiz*. CONABIO, UNAM. México.

73. Langyintuo S, et al. (2010) Challenges of the maize seed industry in eastern and southern Africa: A compelling case for private–public intervention to promote growth. *Food Policy* 35:323–331.
74. Londo, J.P., Chiang, Y., Hung, K., Chiang, T., y Schaal, B. 2006. Phylogeography of Asian wild rice, *Oryza rufiogon*, reveals multiple independent domestications of cultivated rice, *Oryza sativa*. *PNAS*: 103. 9578–9583
75. Luna-Morales, C. y Aguirre, R. 2001a. Clasificación tradicional, aprovechamiento y distribución ecológica de la pitaya mixteca en México. *Interciencia* 26:18-24.
76. Luna-Morales, C., Aguirre, R, Pena, C. 2001. Cultivares tradicionales mixtecos de *Stenocereus pruinosus* y *S.stellatus* (Cactaceae). *Revista Fitotecnia Mexicana* 24: 213-221.
77. MacNeish, R.S., 1992. *The Origins of Agriculture and Settled Life*. University of Oklahoma Press, Norman and London.
78. Mallory, M., Hall, R., McNabb, A., Pratt, D., Jellen, E. and Maughan, P. 2008. Development and characterization of microsatellite markers for the grain amaranths. *Crop Science* 48: 1098-1106.
79. Matsuoka, Y., Vigoroux, Y., Goodman, M., Sanchez, J., Buckler, E. and Doebley, J. 2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *PNAS* 99: 6080-6084.
80. Maxted, N., Ford-Lloyd, B.V., Jury, S.L., Kell, S.P. and Sholten, M. 2006. Towards a definition of a crop wild relative. *Biodiversity and Conservation* 13: 663-684
81. Maxted, N, Kell, S., Ford-Lloyd, B., Dulloo, E. y Toledo, A. 2012. Toward the Systematic Conservation of Global Crop Wild Relative Diversity *Crop Science* 52: 774-785
82. Mayer, M.S. and Soltis, P.S. 1994. Chloroplast DNA phylogeny of *Lens* (Leguminosae) origin and diversity of the cultivated lentil. *Theoretical and Applied Genetics* 87: 773-781
83. McGuire SJ. 2008. Securing access to seed: Social relations and sorghum seed exchange in eastern Ethiopia. *Hum Ecol Interdiscip J* 36:217–229.
84. Mercer, K y Perales, H. 2010. Evolutionary response of landraces to climate change in centers of crop diversity. *Evolutionary applications* 3: 480–493
85. Miller R, Penn J, Van Leeuwen J. 2006. Amazonian homegardens: their ethnohistory and potential contribution to agroforestry development. In *Tropical Homegardens: A Time-Tested Example of Sustainable Agroforestry* Edited by Kumar BM and Nair PKR. Springer. The Netherlands; 2006:43–60.
86. Miller A, Schaal B. 2006. Domestication and the distribution of genetic variation in wild and cultivated populations of the Mesoamerican fruit tree *Spondias purpurea* L. (Anacardiaceae). *Molecular Ecology* 15: 1467–1480.

87. Mittermeier R. y C. Goettsch-Mittermeier (eds.) (1997), *Megadiversity: the biological richest countries of the world*, Conservation International/CEMEX/Sierra Madre, México.
88. Moreno-Calles, A., A. Casas, E. García-Frapolli, y I. Torres. 2010. Traditional agroforestry systems in the arid Tehuacán Valley: their management and role in people's livelihoods. *Agricultural Systems* 80:315– 331.
89. Morris M, Mekuria M, Gerpacio R (2003) Crop Variety Improvement and its Effect on Productivity: The Impact of International Agricultural Research, eds Evenson RE, Gollin D (CABI Publishing, Wallingford, UK), pp 135–158.
90. Nabhan, G. 1987. Plant domestication and fol-biological change: the Upper piman/Devil's claw example. *American anthropologist* 89: 57-73.
91. Nagarajan L, SmaleM (2007) Village seed systems and the biological diversity of millet crops in marginal environments of India. *Euphytica* 155:167–182.
92. Olsen K. y Schaal B. 1999. Evidence on the origin of cassava: Phylogeography of *Manihot esculenta*. *PNAS*. 96, 5586-5591.
93. Olsen, K. y Gross, B. 2008. Detecting multiple origins of domesticated crops. *PNAS* 105: 13701-13702.
94. Ortega-Packza, R. 2003. La diversidad de Maiz en México. In Esteva, G., y C. Marielle (Coordinadores) Sin Maíz no hay Paíz. CONACULTA. México. Pp: 123-154
95. Otero-Arnaiz A, Casas A, Hamrick JL. 2005. Direct and indirect estimates of gene flow among wild and managed populations of *Polaskia chichipe* an endemic columnar cactus in Central Mexico. *Molecular Ecology* 14: 4313-4322.
96. OVIEDO, G., L. MAFFI y P.B. LARSEN (2000), *Indigenous and Traditional peoples of the world and ecorregion conservation*, WWF International and Terralingua, Gland, Switzerland.
97. Ozkan, H., Brandolini, A., Schafer-Pregl, R. and Salamini, F. FLP Analysis of a collection of tetraploid wheats indicates the origin of emmer and hard wheat domestication in Southeast Turkey. *Molecular Biology and Evolution* 19(10): 1797-1801.
98. Parra, F., Pérez-Nasser, N., Lira, R., Pérez-Salicrup, D y Casas, A. 2008. Population genetics and process of domestication of *Stenocereus pruinosus* (Cactaceae) in the Tehuacán Valley, México. *Journal of Arid Enviroments*. 72, 1997-2010.
99. Parra, F., A. Casas, J.M. Peñaloza-Ramírez, A. Cortés- Palomec, V. Rocha-Ramírez y A. González-Rodríguez. 2010. Process of domestication of *Stenocereus pruinosus* (Cactaceae) in the Tehuacán Valley, Central Mexico. *Annals of Botany*, 106:483-496.
100. Parra, F. 2012. Domesticación y distribución de la variabilidad genética de *Stenocereus pruinosus* (Cactacea) en México. Tesis para optar por el grado de Biólogo. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

101. Parra, F., J.J. Blancas y A. Casas. 2012. Landscape management and domestication of *Stenocereus pruinosus* (Cactaceae) in the Tehuacán Valley: Human guided selection and gene flow. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 8: 32.
102. Pautasso, M., Aistara G., Barnaud, A., Caillon, S., Clouvel, P., Coomes, O.T., Delêtre, M., Demeulenaere, E., De Santis, P., et al., 2013. Seed exchange networks for agrobiodiversity conservation. A review. *Agron. Sustain. Dev.* (2013) 33:151–175
103. Penn, J. 2006. The cultivation of camu camu (*Myrciaria dubia*): a tree planting programme in the Peruvian amazon. *Forest, trees and Livelihoods* 16: 85-101.
104. Perfecto I, Vandermeer J. 2008. Biodiversity conservation in tropical agroecosystems: new conservation paradigm. *Ann NY Acad Sci* 2008, 1134:173–200.
105. Perrault-Archambault M, Coomes O. 2008. Distribution of Agrobiodiversity in 945 Home Gardens along the Corrientes River, Peruvian Amazon. *Econ Bot* 2008, 62(2):109–126.
106. Pickersgill, B. 1971. Relationships between weedy and cultivated forms in some species of chili peppers (genus *Capsicum*). *Evolution*, 683-691.
107. Pickersgill, B. 2007. Domestication of plants in the Americas: Insights from mendelian and molecular genetics. *Annals of Botany* 100: 925-940
108. Piperno, D.R., and Pearsall, D. 1998. The origins of agriculture in the lowland Neotropics (New York: Academic Press).
109. Piperno, D. 2011. The Origins of Plant Cultivation and Domestication in the New World Tropics. *Current Anthropology* 52 (October 2011)
110. RAFI 1999. <http://www.etcgroup.org/es/issues/biodiversity-cultural-diversity>. Ultima visita realizada el 26 de Junio del 2014.
111. Rindos, D. The origins of agriculture. An evolutionary perspective. Academic Press, Inc
112. Sanjur, O., Piperno, D., Andres, T. and Wessel-Beaver, L. Phylogenetic relationships among domesticated and wild species of Cucurbita (Cucurbitaceae) inferred from a mitochondrial gene: Implications for crop plant evolution and areas of origin/ *PNAS* 99: 535-540.
113. Shaisho, D y Purugganan, M. 2007. Molecular Phylogeography of Domesticated Barley Traces. Expansion of Agriculture in the Old World. *Genetics*. 177: 1765–1776
114. Shigeta, M. 1990. Folk *in situ* conservation of ensete (*Ensete ventricosum*(Welw.) E.E. Cheesman): Towards the interpretation of indigenous agricultural science of the Ari, southwestern Ethiopia. *African Study Monographs* 10(3): 93-107.

115. Shigeta, M. 1996. Creating landrace diversity: the case of the Ari people and Ensete (*Ensete ventricosum*) in Ethiopia. En: Redefining Nature Ecology, Culture and Domestication Eds: Ellen RF, Fukui K, pp. 233–268. Berg, Oxford.
116. Smith, B.D. 1998. The emergence of agriculture (New York: W. H.Freeman).
117. Smith, B. 2001. Documenting plant domestication: The consilience of biological and archaeological approaches. PNAS 98 (4): 1324–1326
118. Spooner, D., Mclean, K., Ramsay, G., Waugh, R. and Bryan, G. 2005. A single domestication for potato based on multilocus amplified fragment length polymorphism genotyping. PNAS. 102: 14694-14699.
119. Sukhotu, T., Kamijima, O. and Hosaka, K. Genetic diversity of the Andean tetraploid cultivated potato (*Solanum tuberosum* L. subsp. *andigena* Hawkes) evaluated by chloroplast and nuclear DNA markers. Genome 48: 55-64.
120. Thiele G. 1999. Informal potato seed systems in the Andes: Why are they important and what should we do with them? World Dev 27:83–99.
121. Toledo, V.M y Barrera-Bassols, N. 2008. La Memoria Biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales. Icaria Editorial, Perspectivas Agroecológicas. México.
122. Torres, J y F. Parra. 2005. De los sachas: las chacras y la vida silvestre en los Andes del Perú. *Leisa, Revista de Agroecología*. 20 (4): 24-26.
123. Tseyage, A. y Struik, P.C. 2002. Analysis of enset (*Ensete ventricosum*) indigenous production methods and farm-based biodiversity in major enset-growing regions of southern Ethiopia. Exp. Agric. 38: 291_ 315.
124. Tsegaye B, Berg T (2007) Utilization of durum wheat landraces in eastern Shewa, central Ethiopia: Are home uses an incentive for on-farm conservation? Agric Human Values 24:219–230.
125. Ugent, D. 1970. The potato. Science 170: 1161-1166
126. Vavilov, N. I., 1926. *Studies on the Origin of Cultivated Plants*. Leningrad: Institut Botanique Appliqui. Et d'Amlioration des Plantes
127. Vavilov, N. I., 1951. The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants (translated from the Russian by K. Starr Chester). *Chronica Botanica*, 13: i-xviii & 1-364.
128. Vavilov, N.I. 1992. Origin and Geography of cultivated plants. Cambridge University Press. Great Britain.
129. Velásquez, D., A. Casas, J. Torres & A. Cruz. 2011. Ecological and socio-cultural factors influencing in situ conservation of cropdiversity by traditional Andean households in Peru. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 7(40): 1-20.

130. Westengen, O., Huamán, Z. and Heun, M. 2005. Genetic diversity and geographic pattern in early South American cotton domestication. *Theoretical and Applied Genetics* 110: 392-402.
131. Willcox, G. 2005. The distribution, natural habitats and availability for wild cereals in relation to their domestication in the Near East: multiple events, multiple centres. *Vegetation history and archaeobotany* 14: 534-541.
132. Zimmerer KS. 1991. Managing diversity in potato and maize fields of the Peruvian Andes. *Journal of Ethnobiology* 11:23-49.
133. Zimmerer KS. 2003. Geographies of seed networks for food plants (potato, ulluco) and approaches to agrobiodiversity conservation in the Andean countries. *Soc Nat Resour* 16:583–601.
134. Zimmerer KS. 2011. Biological Diversity in agriculture and global change. *Annual Review of Environmental Resources*, 35:137-166.
135. Zohary, D., 1970. Centers of diversity and centers of origin. In D. H. Frankel & E. Bennett (Eds), *Genetic Resources in plants: their exploration and conservation* 33-42.. Oxford: Blackwell Scientific Publications
136. Zohary, D. 1984. Modes of evolution in plants under domestication. In: W.F. Grant (ed.) *Plant biosystematics*. Pp. 579-586. Academic Press (Canada).
137. Zohary, D. y Hopf M. 1994. *Domestication of plants in the Old World*. Second Edition. Oxford Science publications.
138. Zohary, D. 1981. The mode of domestication on the founder crops of Southwest Asian Agriculture. En: *The Origins and Spread of agriculture and pastoralism in Eurasia*. Ed: Harris, D. UCL. Press. London
139. Zohary, D. 1999. Monophyletic vs. polyphyletic origin of the crops on which agriculture was founded in the Near East. *Genetics Resources and Crop Evolution* 46: 133-142.

11. ANEXOS

ANEXO 1.

GLOSARIO

Proceso de domesticación

Proceso de selección de caracteres de un recurso específico, realizado por el hombre a través de la selección artificial para permitir su adaptación a condiciones de cultivo o manejo humano. En este proceso el ser humano aumenta directamente la frecuencia de aquellos fenotipos deseables, promueve su crecimiento y cuidado, llegando a remover fenotipos no deseables y actúa en plantas bajo domesticación incipiente, semi-domesticadas y en plantas completamente domesticadas causando cambios en las frecuencias de caracteres, tanto fenotípicos como genotípicos, de las poblaciones manejadas generando divergencias con respecto a sus ancestros silvestres. Es un proceso evolutivo continuo que ocasiona divergencias evidentes en caracteres fenotípicos de tipo morfológico, fisiológico, y fenológico entre poblaciones vegetales silvestres y cultivadas, lo que implica una pérdida gradual de adaptación al ambiente natural, por la disminución en su capacidad reproductiva y en la dispersión natural de la especie hasta los casos extremos de total dependencia de la especie al hombre para sobrevivir y reproducirse

Pariente silvestre

Especies que tienen algún tipo de relación genética con la especie domesticada, incluyendo a los ancestros directos, y suelen tener altos niveles de diversidad genética que son producto de procesos evolutivos naturales de miles a millones de años de acumulación, a escalas mucho más amplias que las especies domesticadas, y cuya historia natural no ha sido influenciada por el manejo del hombre. La definición de pariente silvestre se basa en el grado de relación o parentesco con el cultivo.

Centro de origen de los parientes silvestres

Se refiere a la distribución actual, tanto geográfica y ecológica de la(s) especie(s) ancestral(es) o posibles progenitoras de un cultivo. Es el área geográfica donde habría ocurrido el proceso de especiación de las poblaciones silvestres y los parientes cercanos de la especie o taxón domesticado

Centro de diversidad de parientes silvestres.

Se refiere al área donde se establecen extensiones amplias y de altos niveles de diversidad genética de poblaciones silvestres de la especie o el género ancestral o pariente silvestre de un cultivo domesticado. No necesariamente están asociados a escenarios socio-ecológicos como campos de cultivo o huertas, por lo que no son necesariamente un centro de domesticación.

Centro de domesticación u origen de plantas cultivadas

Área biocultural en la que existe evidencia del proceso de domesticación de una especie o taxón (pueden ser diferentes especies de un mismo género por ejemplo Cucurbita). Dicha área puede formar o no parte del área de distribución de las poblaciones silvestres y cercanas del cual proviene el acervo genético que da origen a la planta domesticada. Una planta domesticada puede tener un único centro de origen cuando ha sido seleccionada a partir de un pariente silvestre de distribución restringida, o tener dos o más centros de origen al ser seleccionada a partir de subconjuntos aislados de poblaciones silvestres que forman parte de la distribución amplia de dicha especie.

Centro de Diversidad de plantas domesticadas

Es un área geográfica y biocultural donde se encuentra un núcleo de alta diversidad de poblaciones domesticadas que contienen gran variación genética (genotípica), morfológica, fisiológica o ecológica (entre otras) como producto la selección y manejo humano. Los centros de diversidad surgen posteriormente a la domesticación. Estas poblaciones pueden estar en diferentes estadios de domesticación, y no necesariamente implica que sea un centro de domesticación, pudiendo estar muy alejados de donde se distribuyen los parientes silvestres del cultivo y/o en el mismo sitio donde se originó la domesticación del cultivo debido al rápido proceso de diversificación

Microcentros de diversidad

Se pueden encontrar comúnmente en centros de diversidad donde un cultivo esta uniformemente extendido en áreas amplias y muestran una alta diversidad en regiones muy reducidas. También se pueden encontrar microcentros de diversidad de parientes silvestres de cultivos.

Centro de origen de la agricultura

Espacios geográficos donde se dio inició a la agricultura o donde se piensa habría comenzado. A veces es considerado al igual que el concepto de centro de origen de plantas cultivadas, aunque la agricultura se habría desarrollado en sociedades mas avanzadas con un mayor grado de tecnificación, y posterior a la domesticación de los recursos genéticos.

ANEXO 2

Tabla resumen de las Decisiones tomadas en las Conferencias de las Partes del Convenio de Diversidad Biológica con referencia a Centros de Origen o Centros de Diversidad

COP	Decisiones	Título de la Decisión	Descripción
7	VII/20	Nuevas directrices para el mecanismo financiero	<p>La Conferencia de las Partes</p> <p><i>Recordando las provisiones relevantes de la Convención de Diversidad Biológica y sus decisiones I/2, II/6, III/5, III/8, IV/11, IV/13, V/12, V/13, VI/16 and VI/17, tomando nota del reporte del Fondo Mundial del Ambiente (UNEP/CBD/COP/7/9), así como por la compilación de la orientación pasada hacia el mecanismo de financiamiento (UNEP/CBD/COP/7/INF/1), urge que el Consejo del Fondo Mundial del Ambiente asegure la participación de todo los miembros del Consejo en sus reuniones.</i></p> <p>Bioseguridad</p> <p>21. Decide también adoptar los siguiente criterios de elegibilidad para la financiación del Fondo Mundial del Ambiente</p> <p>(a) Todos los países en desarrollo, en particular los menos desarrollados y pequeñas estados insulares en desarrollo entre ellos, y los países con economías en transición, incluidos entre estos los países que son centros de origen y centros de diversidad genética, que sean Partes en el Protocolo, son elegibles para recibir financiación del Fondo para el Medio Ambiente Mundial, de conformidad con su mandato</p> <p>(b) Todos los países en desarrollo, en particular los menos desarrollados y pequeñas estados insulares en desarrollo entre ellos y los países con economías en transición, incluidos entre estos los países que son centros de origen y centros de diversidad genética, que sean Partes en la Convención y proporcionan un claro compromiso político para convertirse en Partes en el Protocolo, también serán elegibles para financiación del Fondo para el Medio Ambiente Mundial para el desarrollo de marcos nacionales de bioseguridad y el desarrollo del Biosafety Clearing-House y otras capacidades institucionales necesarias para que un país no Parte a ser parte. La prueba de tal compromiso político tomará la forma de una garantía por</p>

COP	Decisiones	Título de la Decisión	Descripción
			<p>escrito al Secretario Ejecutivo de que el país tiene la intención de convertirse en Parte en el Protocolo al completarse las actividades por financiar;</p> <p>23. Invita a los países Parte, los gobiernos, el Fondo para Mundial del Ambiente, otros organismos donantes y organizaciones pertinentes a que proporcionen apoyo financiero y de otro tipo de asistencia a las Partes que son países en desarrollo, en particular los menos desarrollados y los pequeños Estados insulares en desarrollo entre ellos, y las Partes con economías en transición , incluyendo entre estos los países que son centros de origen y centros de diversidad genética, para desarrollar e implementar las actividades de creación de capacidades, incluida la organización de talleres nacionales, regionales e inter-regionales de a creación de capacidad y las reuniones preparatorias;</p>
7	VII/27	Diversidad Biológica de Montañas	<p><i>Acciones</i></p> <p>Objetivo 1.5: Mantener la diversidad genética en ecosistemas de montañas en particular a través de la preservación y mantenimiento de los conocimientos y prácticas tradicionales.</p> <p>1.5.1. Evaluar y desarrollar estrategias que minimicen las amenazas de erosión genética en la biodiversidad domesticada (cultivos, animales) y sus parientes silvestres, prestando atención particular a los centros de origen de los recursos genéticos</p> <p>Apoyando actividades de la Secretaria Ejecutiva</p> <p><i>Acciones</i></p> <p>2.2.1 Promover la implementación de actividades destinadas a mantener los niveles existentes de agrobiodiversidad prestando atención particular a los centros de origen y los bienes y servicios que estos proveen tanto para encontrar las demandas locales como para asegurar fuentes de recursos para la seguridad alimentaria.</p>
8	VIII/27.	Especies Invasoras que amenazan los ecosistemas, hábitats o especies	<p>La Conferencia de las Partes</p> <p>4.Fomenta que las partes construyan capacidades para la acción a nivel nacional para abordar las diferentes formas en que son introducidas y dispersadas las especies exóticas</p>

COP	Decisiones	Título de la Decisión	Descripción
		(Article 8 (h)): consideraciones posteriores a los vacíos e inconsistencias en el marco regulatorio internacional	invasoras y solicita a fundaciones y agencias de desarrollo que exploren y consideren opciones para proveer de financiamiento adicional para apoyar a los países en desarrollo, en particular a los menos desarrollados y pequeñas islas, estados en desarrollo, así como a países cuyas economías están en transición y países que son centro de origen y centros de diversidad genética, para ayudarlos en mejorar la prevención, rápidas respuestas e implementación de medidas de manejo frente a las amenazas de especies invasoras exóticas.
9	IX/1.	Examen a fondo del programa de trabajo sobre diversidad biológica agrícola	<p><i>La Conferencia de las Partes,</i></p> <p><i>Reconociendo asimismo</i> la importante contribución de las comunidades indígenas y locales, incluidos los agricultores y los ganaderos, a la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica agrícola, particularmente en los centros de origen de esa diversidad biológica agrícola, el valor de sus conocimientos tradicionales y su contribución importante al logro de los tres objetivos del Convenio,</p> <p><i>Consideraciones generales</i></p> <p>38. <i>Haciendo hincapié</i> en la importancia de la agricultura para el desarrollo sostenible de los países en desarrollo, particularmente los menos adelantados y los pequeños Estados insulares en desarrollo, así como los países con economías en transición, particularmente aquellos que son centros de origen de la diversidad biológica, <i>alienta</i> a las Partes, especialmente a las que son países desarrollados, a adoptar medidas conducentes a fomentar las prácticas y políticas agrícolas que guarden conformidad y estén en armonía con el Convenio, la metas de desarrollo convenidas internacionalmente y otras obligaciones internacionales pertinentes;</p> <p>39. <i>Insta</i> a las Partes que son países desarrollados e <i>invita</i> a otros gobiernos y organizaciones pertinentes a: a) Asegurarse de que se proporcionan recursos financieros a los países en desarrollo, particularmente los menos desarrollados y los pequeños Estados insulares en desarrollo, así como a los países con economías en transición, en especial los países que son centros de origen o diversidad, para que puedan aplicar con plenitud el programa de trabajo sobre diversidad biológica agrícola, de conformidad con lo estipulado en el Artículo 20</p>

COP	Decisiones	Título de la Decisión	Descripción
			del Convenio; b) Facilitar el acceso y la transferencia de tecnologías que contribuyen al desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles, de conformidad con lo estipulado en el Artículo 16 del Convenio; 40. <i>Insta</i> las Partes y otros gobiernos a que, tomando nota de la decisión VIII/15, aborden la cuestión de la carga de nutrientes, especialmente la deposición de nitrógeno, y proporcionen información al Secretario Ejecutivo acerca de actividades pertinentes para reducir la amenaza a la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica y a divulgar esta información por conducto del mecanismo de facilitación y otros medios.
9	IX/3.	<i>Estrategia mundial para la conservación de las especies vegetales</i>	6. <i>Pide</i> al Secretario Ejecutivo que, en colaboración con la Asociación Mundial para la Conservación de las Especies Vegetales y otras organizaciones pertinentes: d) Facilite la creación de capacidad, transferencia de tecnología y apoyo financiero para brindar asistencia a los países en desarrollo, en especial los países menos adelantados, los pequeños Estados insulares y los países con economías en transición, inclusive aquellos con altos niveles de diversidad biológica o que son centros de origen, para aplicar eficazmente la Estrategia o para lograr una mejor aplicación de la misma; y
	IX/3.	Revisión a fondo del trabajo en curso sobre especies exóticas que amenazan ecosistemas, hábitats o especies	<i>Pide</i> al Fondo para el Medio Ambiente Mundial e invita a las Partes, otros gobiernos y organizaciones pertinentes a ayudar a los países en desarrollo, en especial a los menos adelantados y pequeños Estados insulares en desarrollo, así como a países con economías en transición, a aplicar estrategias y programas nacionales sobre especies exóticas invasoras, tomando nota también de los países que son centros de origen;
	IX/4.	Revisión a fondo del trabajo en curso sobre especies exóticas que amenazan ecosistemas, hábitats o especies	<i>Actividades nacionales, regionales y subregionales y creación de capacidad</i> <i>Pide</i> al Fondo para el Medio Ambiente Mundial e invita a las Partes, otros gobiernos y organizaciones pertinentes a ayudar a los países en desarrollo, en especial a los menos adelantados y pequeños Estados insulares en desarrollo, así como a países con economías en transición, a aplicar estrategias y programas nacionales sobre especies exóticas invasoras, tomando nota también de los países que son centros de origen;

COP	Decisiones	Título de la Decisión	Descripción
11	XI/3	Supervisión de progresos en la aplicación del Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 y las Metas de Aichi para la Diversidad Biológica	<p><i>Marco de indicadores para el Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 y las Metas de Aichi para la Diversidad Biológica</i></p> <p><i>La Conferencia de las partes:</i></p> <p>9. <i>Reconoce</i> la importancia crítica que tienen para la humanidad los centros de origen y los centros de diversidad genética;</p>
	XI/5	El mecanismo financiero	<p>D. Orientación adicional al mecanismo financiero</p> <p>Estrategia Mundial para la conservación de las especies vegetales</p> <p>16. <i>Recordando</i> la decisión X/17, <i>insta</i> a las Partes a proporcionar e <i>invita</i> a otros gobiernos, al mecanismo financiero y organizaciones de financiación a proporcionar apoyo adecuado, oportuno y sostenible para poner en práctica la Estrategia Mundial para la conservación de las especies vegetales, especialmente para los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados y los pequeños Estados insulares de desarrollo, así como las Partes con economías en transición y los países que son centros de diversidad genética;</p> <p>Especies exóticas invasoras</p> <p>19. <i>Pide</i> al Fondo para el Medio Ambiente Mundial que proporcione, de conformidad con su mandato, e <i>invita</i> a otros donantes a proporcionar apoyo financiero adecuado y oportuno a los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados y los pequeños Estados insulares en desarrollo entre ellos, así como los países con economías en transición, incluidos los países que son centros de origen o diversidad de recursos genéticos;</p>
	XI/16.	Restauración de los ecosistemas	<p><i>La Conferencia de las Partes,</i></p> <p>3. <i>Reconociendo</i> que los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados y los pequeños Estados insulares en desarrollo, así como los países con economías en transición, incluidos los países que son centros de origen o diversidad de recursos genéticos, requieren</p>

COP	Decisiones	Título de la Decisión	Descripción
			<p>recursos financieros y técnicos a fin de poner en práctica programas de restauración de los ecosistemas y alcanzar las Metas de Aichi para la Diversidad Biológica, incluidas las Metas 14 y 15, y que dichos recursos se deberían proporcionar por mecanismos financieros conforme al artículo 20 del Convenio sobre la Diversidad Biológica y movilizar conforme al artículo 20 y la estrategia para la movilización de recursos con arreglo a las decisiones IX/11, X/3 y XI/4;</p>
	XI/26.	Estrategia Mundial para la conservación de las especies vegetales	<p>La Conferencia de las Partes</p> <p>2. Recordando la decisión X/17, insta a las Partes e invita a otros gobiernos, mecanismos financieros y organismos de financiación a suministrar apoyo adecuado, oportuno y sostenible a la aplicación de la estrategia, especialmente para los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados y los pequeños Estados insulares en desarrollo, así como las Partes con economías en transición y aquellos países que son centros de diversidad genética;</p>
	XI/28.	<i>Especies exóticas invasoras</i>	<p><i>La Conferencia de las Partes</i></p> <p><i>Formas y medios para abordar las deficiencias de las normas internacionales respecto de las especies exóticas invasoras introducidas como mascotas, como especies de acuarios y terrarios y como carnada viva y alimento vivo</i></p> <p><i>Otros asuntos</i></p> <p>24. <i>Pide</i> al Fondo para el Medio Ambiente Mundial que proporcione, de conformidad con su mandato, e invita a otros donantes a proporcionar apoyo financiero adecuado y oportuno a los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados y los pequeños Estados insulares en desarrollo entre ellos, así como los países con economías en transición, incluidos los países que son centros de origen o diversidad de recursos genéticos;</p>

ANEXO 3

Nota Técnica. Aproximaciones para la determinación de centros de origen de domesticación de plantas: la genética de poblaciones.

De acuerdo con Zohary (1996, 2000), existen tres principales fuentes de evidencias que pueden contribuir a contestar la pregunta de dónde se originaron los procesos de domesticación de una especie: 1) la identificación de la ocurrencia de efectos fundadores, donde la mayor o menor intensidad en la reducción de diversidad genética bajo cultivo con respecto a las poblaciones silvestres puede reflejar un único evento de domesticación que ocurrió en un solo sitio, o múltiples eventos que ocurrieron en diferentes sitios, respectivamente; 2) la identificación de caracteres domesticados y la forma en que son genéticamente controlados; si en diferentes variedades de un cultivo un carácter domesticado es influenciado por una o varias combinaciones de genes, o por diferentes mutaciones, la información sugiere un único o múltiples orígenes, respectivamente; y 3) la existencia de diversidad de especies emparentadas con el cultivo; en este caso, si la fuente silvestre posee diferentes taxa candidatos a domesticar, y solo uno de ellos es domesticado, la información sugiere un único o muy pocos eventos de domesticación y viceversa.

Dado que la domesticación implica la selección de un subconjunto de la diversidad disponible a nivel silvestre, se presentará dos tipos de patrones: a) poblacional, de efecto fundador y b) genealógico, en el que un nuevo linaje domesticado se diferencia del linaje silvestre ancestral. El primer tipo es abordado a partir del marco de la genética de poblaciones, mientras que el segundo es analizado desde una perspectiva filogenética, siendo ambas aproximaciones en teoría convergentes.

Los marcadores neutrales en el marco teórico de la genética de poblaciones y de la filogenética han sido aplicados en tres principales líneas de interés: a) analizar la relación entre selección artificial y flujo génico entre poblaciones domesticadas y silvestres, b) reconocer si ha habido uno o varios eventos de domesticación, y c) identificar el pariente o progenitor silvestre más cercano y el sitio probable donde sucedió la domesticación.

La genética de poblaciones permite analizar la distribución espacial de la variabilidad genética de una especie, identificar sitios de alta diversidad genética en poblaciones de sus parientes silvestres, además de regiones con poblaciones manejadas con mayores o menores efectos de cuello de botella (Doebley, 1992; Doebley *et al.*, 2006), las cuales pueden derivarse a su vez de uno o varios efectos fundadores (Mayr, 1942; Gross y Olsen, 2010). Las poblaciones domesticadas pueden ser o no simpátricas con las silvestres, y el nivel de diferenciación y variación en las frecuencias génicas puede revelar el grado de intensidad de manejo y domesticación, información que en su conjunto puede contribuir a identificar el centro de origen de un proceso de domesticación.

ANEXO 4

Presentación de Avances en el Grupo Técnico de Agrobiodiversidad